

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

IMPLEMENTACIÓN DE INTEGRACIÓN COMPUTACIÓN- TELEFONÍA PARA CENTROS DE CONTACTO SOBRE PLATAFORMA DE SOFTWARE LIBRE Y COMUNICACIONES ABIERTAS BASADA EN TELEFONÍA IP.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al Título
de Ingeniero Electricista
Por el Br. Pablo Javier, Nagy Basante

Caracas, 2008

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

IMPLEMENTACIÓN DE INTEGRACIÓN COMPUTACIÓN- TELEFONÍA PARA CENTROS DE CONTACTO SOBRE PLATAFORMA DE SOFTWARE LIBRE Y COMUNICACIONES ABIERTAS BASADA EN TELEFONÍA IP.

PROFESOR GUIA: Luís, Fernández
TUTOR INDUSTRIAL: Dora Alexandra Kreft.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al Título
de Ingeniero Electricista
Por el Br. Pablo Javier, Nagy Basante

Caracas, 2008



CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 06 de junio de 2008

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Pablo J. Nagy B., titulado:

“IMPLEMENTACIÓN DE INTEGRACIÓN COMPUTACIÓN – TELEFONÍA PARA CENTROS DE CONTACTO SOBRE PLATAFORMA DE SOFTWARE LIBRE Y COMUNICACIONES ABIERTAS BASADA EN TELEFONÍA IP.”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Carolina Regoli
Jurado

Prof. Dan El Montoya
Jurado

Prof. Luis Fernández
Prof. Guía



DEDICATORIA

A Dios, a mi Familia y a todos mis buenos amigos que han estado conmigo
a lo largo de mi vida

AGRADECIMIENTOS

A Xiomara Basante y a Pal Nagy que siempre lucharon para darme todo lo necesario para apoyarme a lograr mis metas.

A mi hermana Erika Nagy quien me acompañó a lo largo de toda la carrera universitaria como amiga, compañera de estudios y hermana.

A todos los compañeros de clase que hicieron de la carrera universitaria un camino más llevadero.

A Maria Teresa Jiménez por ser mi compañera en las buenas y en las malas.

A todos los profesores que me formaron para ser la persona que soy.

A mi tutor Luís Fernández quien siempre estuvo dispuesto a darme su apoyo para obtener el mejor fruto posible.

A todo el personal de la compañía Anew e-Business Distribution, quienes me apoyaron y contribuyeron con la elaboración de este trabajo.

A María Auxiliadora por ser una persona amable, incondicional y altamente dedicada al apoyo estudiantil.

Nagy B., Pablo J.

**IMPLEMENTACIÓN DE INTEGRACIÓN COMPUTACIÓN-
TELEFONÍA PARA CENTROS DE CONTACTO SOBRE
PLATAFORMA DE SOFTWARE LIBRE Y COMUNICACIONES
ABIERTAS BASADA EN TELEFONÍA IP.**

Profesor Guía: Luís, Fernández. Tutor Industrial: Ing. Dora Alexandra Kreft. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: Anew e-Business Distribution. 2008. 100h. + anexos.

Palabras Claves: Call center, telefonía IP, protocolo SIP, protocolo IAX2, PBX, IVR, software libre.

Resumen. Se implementó y diseñó un sistema de voz sobre IP basado en software libre para el laboratorio de Anew e-Business con sede en Caracas, con la finalidad de obtener una solución comercial de bajo costo para pequeñas y medianas empresas. Se partió de un escenario hipotético, un Call Center para empresas medianas, y se dimensionó la demanda del mismo; así, una vez instalado el laboratorio, se corroboró que los cálculos realizados alcanzaron las premisas buscadas. Se realizó un análisis de los requerimientos generales que debía cumplir la red de datos y los equipos de telefonía para realizar la selección de los componentes del laboratorio. Este plan de llamadas sirvió de guía para configurar el IVR y demás complementos de la central telefónica que hacen posible el enrutamiento inteligente de las llamadas de los clientes de la red pública. Una vez cubiertos estos puntos, se instaló en el servidor el paquete de software Asterisk y los complementos necesarios para un funcionamiento óptimo. En el servidor de llamadas se realizaron las conexiones físicas y lógicas necesarias para poder prestar servicio a los usuarios de la red interna, la PSTN y para usuarios remotos a través de Internet. Se configuraron todas las aplicaciones instaladas para cumplir con las condiciones de diseño del proyecto. Por último se realizaron pruebas de conexión, calidad y funcionamiento para realizar los ajustes concernientes y obtener las conclusiones finales. Se entregó el laboratorio instalado al tutor industrial quien mediante un protocolo de pruebas certificó las prestaciones de la implementación.

INDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS	x
LISTA DE ACRÓNIMOS	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	2
1.1.- Planteamiento del problema	2
1.2.- Objetivo General	3
1.3.- Objetivos Específicos	3
1.4.- Recursos disponibles	4
1.4.- Análisis de factibilidad	5
CAPITULO II	6
MARCO TEORICO	6
2.1.- Definiciones de <i>Call Centers</i>	6
2.2.- Evolución histórica	6
2.3.- Ingeniería de <i>Call Centers</i>	8
2.3.1.- Modelos de Erlang	9
2.3.2.- Teoría de colas	12
2.4.- Organización de un <i>Call Center</i>	14
2.5.- PBX	16
2.5.1.- Funcionalidades de las PBX	17
2.5.2.- Tendencias en la rama de las PBX	18

2.6.- IVR.....	19
2.7.- Telefonía sobre IP	20
2.7.1.- Componentes VoIP.....	21
2.8.- Tipos de redes IP	22
2.9.- QoS en redes integradas	22
2.9.1.- Limitaciones tecnológicas de la voz sobre paquetes.....	23
2.9.2.- Aprovisionamiento de ancho de banda	27
2.9.3.- Clasificación del tráfico	27
2.10.- El <i>Codec</i>	29
2.10.1.- <i>Codecs</i> de Audio	29
2.10.2.- <i>Codecs</i> de video	31
2.11.- Protocolos usados en VoIP.....	31
2.11.1. - RTP (Real Time Transport Protocol).....	31
2.11.2.- RTCP (Real Time Control Protocol).....	33
2.11.3.- SIP (Session Initiation Protocol).....	34
2.11.4.- IAX (Inter-Asterisk eXchange protocol)	39
2.12.- Software libre	40
2.12.1.- Licencia publica general de GNU	41
2.13.- Asterisk	42
CAPITULO III	44
MARCO METODOLOGICO.....	44
3.1.- Dimensionamiento	44
3.1.1.- Número de agentes requeridos.....	45
3.1.2.- Numero de supervisores.....	46
3.1.3.- Número de líneas troncales	46
3.2.- Calculo de requerimientos de los equipos.....	48
3.2.1.- Requerimientos del servidor Asterisk.....	48
3.2.2.- Requerimientos del ancho de banda digital	49
3.2.3.- Selección de los equipos terminales.....	51
3.3.- Diseño	53

3.3.1.- Estructura administrativa del <i>Call Center</i>	53
3.3.2.- Plan de llamadas (<i>Dial Plan</i>) para tráfico entrante.....	54
3.4.- Pre-instalación.....	57
3.4.1.- Inclusión del servidor Asterisk en la red de Anew.....	58
3.4.2.- Conexión LAN-WAN.....	59
3.4.3.- Segmentación por VLAN's.....	60
3.4.4.-Características físicas del cuarto de servidores.....	61
3.4.5.- Fuentes de alimentación eléctrica.....	62
3.5.- Instalación.....	63
3.5.1.- Instalación de Asterisk y sus complementos.....	63
3.5.2.- Configuración de red del servidor de llamadas.....	66
3.5.3.- Instalación de TrixB0x.....	67
3.6.- Configuración.....	69
3.6.1.- Configuración por línea de comandos (CLI).....	69
3.6.2.- Configuración por medio de interfaz gráfica (GUI).....	83
3.7.-Configuración de aplicaciones.....	88
3.7.1.- <i>Flash Operator Panel</i> (FOP) para administradores del sistema.....	88
3.7.2.- HUD lite para supervisores del call center.....	89
3.7.3.- Reportes de llamadas.....	91
3.7.4.- Base de datos.....	93
3.8.- Mantenimiento y prevención.....	93
3.8.1.- Respaldo de configuración (Back Up).....	93
3.8.3.- Acta de aceptación.....	94
CONCLUSIONES.....	95
RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS.....	100
BIBLIOGRAFÍA.....	103
GLOSARIO.....	104
ANEXOS.....	107
Anexo 1. Resultado del cálculo de número de agentes.....	108

Anexo 2. Resultado del cálculo de líneas troncales	108
Anexo 3. Cálculo de consumo de ancho de banda en función del codec.....	109
Anexo 4. Configuración del <i>softphone</i> X-lite.....	109
Anexo 5. Interfaz de Administrador de Trixbox	110
Anexo 6. Correo electrónico con buzón de voz adjunto.	111
Anexo 7. Panel de operador FOP	112
Anexo 8. Interfaz de phpMyAdmin para MySQL.....	113
Anexo 9. Códigos de marcación del usuario.	114
Anexo 10. Segmentación de la red de telefonía pública.	115

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación entre las redes de voz de de datos [1]	7
Figura 2. Nuevos modelos de redes de voz y redes de datos. [1]	8
Figura 3. Sistema de cola sencilla [5]	12
Figura 4. Tipos de sistemas de colas [5].....	13
Figura 5 Organización de un <i>Call Center</i>. [1]	15
Figura 6. Calidad percibida de la voz en función del retardo. [1]	25
Figura 8. Estructura administrativa del <i>Call Center</i>.....	54
Figura 8. Diseño del plan de llamadas.....	55
Figura 9. Conexión del servidor Asterisk en la red Anew	59
Figura 10. Diagrama de interconexión Asterisk-WAN.....	60
Figura 11. Distribución de los equipos utilizados en el cuarto de servidores	63
Figura 12. Interacción Asterisk-Kernel.....	66
Figura 13. Topología del <i>Call Center</i>	71
Figura 14. Menú de búsqueda de <i>CDR Report</i>	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Codecs</i> de Audio. [8]	30
Tabla 2. Requerimientos del servidor de llamadas [15].....	48
Tabla 3. Guía de <i>Codecs</i> [16]	49
Tabla 4. Gestión de usuarios para restricciones de acceso	75

LISTA DE ACRÓNIMOS

ACD	<i>Automatic Call Distribution</i>
ATA	<i>Analog Telephone Adaptors</i>
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
API	<i>Application Program Interface</i>
BHT	<i>Busy Hour traffic</i>
CDR	<i>Call Detail Recording</i>
CENTOS	<i>Community ENTerprise Operating System</i>
CLI	<i>Command Line Interface</i>
CTI	<i>Computer Telephone Integration</i>
DNS	<i>Domain Name Service</i>
DTMF	<i>Dual Tone Multiple Frequency</i>
FIFO	<i>First In Firt Out</i>
FOP	<i>Flash Operator Panel</i>
FTP	<i>File Transport Protocol</i>
FXO	<i>Foreign Exchange Office</i>
FXS	<i>Foreign Exchange Station</i>
GNU	<i>GNU is Not Unix</i>
GPL	<i>General Public Licence</i>
GUI	<i>Grafical User Interface</i>
HTTP:	<i>Hyper Text Transfer Protocol</i>
IAX	<i>Inter-Asterisk eXchange protocol</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
IP:	<i>Internet Protocol</i>
IPCC	<i>IP Contact Center</i>
ITU	<i>Integrated Services Digital Network</i>
IVR	<i>Interactive Voice Response</i>
LAN:	<i>Local Area Network</i>
MAC	<i>Media Access Control Address</i>
MGCC	<i>Multipoint Control Unit</i>
NAT	<i>Network Adderess Traslation</i>
NECC	<i>Norma de Excelencia de Centros de Contacto</i>
OXE	<i>Ovnipc X Enterprice</i>
PABX	<i>Private Automatic Branch Exchange</i>
PBX	<i>Private Branch Exchange</i>

PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
RFC	<i>Request For comments</i>
RDSI	<i>Red Digital de Servicios Integrados</i>
RTCP	<i>Real Time Control Protocol</i>
RTP	<i>Real Time Transport Protocol</i>
RTT	<i>Real Time Streaming Protocol</i>
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>
SDP	<i>Session Description Protocol</i>
SOHO	<i>Small Office Home Office</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
UAC	<i>User Agent Client</i>
UAS	<i>User Agent Server</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
VLAN	<i>Virtual Local Area Network</i>
VoIP:	<i>Voice over Internet Protocol</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>
WIFI	<i>Wireless Fidelity</i>
WIMAX	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>

INTRODUCCIÓN

Las empresas en la actualidad están considerando cada vez más que cada contacto con sus clientes es una oportunidad de fortalecer o devaluar la imagen de marca y la relación con el mismo. El proceso de poder atender al cliente de manera eficaz en el momento adecuado es de vital importancia para tener una relación exitosa. Si se le es atendido correcta y oportunamente, el cliente estará más satisfecho, las ventas serán mayores y la fidelidad será consolidada. Si además se piensa ofrecer al cliente la posibilidad de comunicarse de una manera remota por medio de una llamada telefónica que pueda satisfacer todas sus dudas, quejas o inconvenientes de una manera eficaz y rápida se hace vital la solución de implantar un Contact Center que permita que las empresas ofrezcan mayores niveles de eficiencia al mismo tiempo que aumentan sus ingresos.

Tomando como soporte la transmisión de datos y de voz a través de la red IP se pueden ofrecer servicios de centros de contactos donde la interacción del cliente con el agente de la compañía se realice no solo a través de voz sino también por medio de correo electrónico CMS o WEB haciendo mas productiva la comunicación lo que se traduce en un ahorro de costos y optimización de recursos por parte de la compañía y en una mejor experiencia por parte del cliente obteniendo un proceso en el que todas las partes se benefician.

CAPITULO I

PROBLEMA

1.1.- Planteamiento del problema

El Contact Center IP posibilita a IP allanar y consolidar la infraestructura del contact center, eliminando las elevadas facturas de teléfono y abriendo la posibilidad de compartir aplicaciones entre todas las delegaciones desde un único servidor centralizado (o quizá 2 como mucho, por seguridad). Los agentes desde casa, ubicaciones remotas, recursos en outsourcing son añadidos como extensiones de forma sencilla en el mismo contact center, manteniendo una toma de decisiones y gestión centralizadas. Además apoyándose en un software libre que proporcione las capacidades administrativas de una PBX se evitan los costos excesivos por pagos de licencias y adquisición de hardware lo cual se traduce en soluciones mas versátiles y de menor costo en comparación con soluciones tradicionales logrando satisfacer mercados de empresas medianas que ocupan una importante presencia en la economía mundial

Tomando como problema la necesidad creciente por parte de las compañías de aumentar la productividad y eficiencia de los trabajadores y disminuir costos, se busca implementar esta solución ingenieril que satisfaga las necesidades específicas de una empresa considerando previamente todos los posibles problemas, limitaciones y demás inconvenientes que puedan afectar la calidad de la solución.

Objetivos

1.2.- Objetivo General

Diseñar una integración de computación-telefonía en ambiente de laboratorio para gestionar las interacciones que llegan a un centro de contacto, independiente de proveedores de infraestructura y de la localización geográfica. La integración debe ser basada en el software abierto Asterisk, bajo sistema operativo LINUX y usando como canal de transporte una red IP.

Se deben ofrecer las funcionalidades y aplicaciones necesarias en un contact center: gestión de contactos de voz, IVR, correos electrónicos, CMS, WEB, monitoreo en tiempo real de las transacciones y actividades de los agentes, todo esto a través de una plataforma única de desarrollo que permita el uso de componentes externos como Apis .Net, Java, C/C++ para garantizar la independencia e universalidad de la solución y ofrecer a los contact center crecer usando la tecnología IP y software libre sin perder su actual tecnología dándole a sus clientes un excelente nivel de servicio a un bajo costo.

1.3.- Objetivos Específicos

- Investigar fundamentos teóricos, requerimientos técnicos de instalación y funcionalidad de la siguiente tecnología:
 - CTI (computer-telephony integration)
 - Sistema Operativo Linux
 - Voz sobre IP (VoIP) para Centros de Contacto
 - Aplicaciones CTI en plataforma Linux desarrolladas en Asterisk
 - Sistema Altitude Software

- Evaluar la arquitectura y topología existente de la red de Anew E-Business Distribution C.A para determinar requerimientos de instalación de un laboratorio con plataforma abierta y tecnología VoIP.
- Desarrollar una metodología de instalación y documentación respectiva para Anew eBusiness Distribution C.A del sistema operativo Linux, el software Asterisk, la aplicación Altitude Software, elementos de telefonía TDM e IP y componentes externos.
- Implementar el laboratorio de acuerdo con los requerimientos de hardware, software y plataforma de comunicaciones evaluada, usando como guía la documentación desarrollada.
- Desarrollar los elementos de software necesarios para la integración con aplicaciones externas: bases de datos, archivos planos, hojas de cálculo, aplicaciones administrativas y de workforce management.
- Diseñar scripts de verificación, protocolos de certificación y actas de aceptación de funcionalidad de cada uno de los componentes de la solución y de la integración.

1.4.- Recursos disponibles

- Acceso a la documentación de todos los equipos y sistemas que se utilicen.
- Espacio en sus oficinas.
- Computadora de Escritorio.
- Impresora, Scanner y Fotocopiadora.
- Acceso a Internet.
- Equipos dedicados para la implementación.
- Licencias de Software requeridas.

1.4.- Análisis de factibilidad

El proyecto se llevará a cabo en una zona de laboratorio dispuesta específicamente para dicho estudio ubicada en las oficinas en el CCCT de Anew e-Business Distribution C.A, contando con el asesoramiento necesario por parte de la empresa, la distribución de información especializada, los materiales y equipos a utilizar.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.- Definiciones de *Call Centers*

El *Call Center* es el “área especializada dentro de una organización encargada de administrar las interacciones empresa-cliente que se dan a través de canales remotos, tales como teléfono, fax, correo electrónico, web, etc., valiéndose del soporte o infraestructura tecnológica en sistemas y comunicaciones necesaria, recursos humanos calificados para el desarrollo de estas funciones, así como los procesos operativos para garantizar el cumplimiento de las tareas.”[2]

Un *Call Center* “es una unidad operativa dotada de los sistemas tecnológicos adecuados para gestionar un gran número de contactos entrantes y salientes. Su objetivo fundamental es ofrecer un servicio de valor añadido a la relación que mantiene la empresa con sus clientes.” [1]

2.2.- Evolución histórica

“Hasta no hace mucho tiempo (de hecho, existen todavía gran cantidad de instalaciones de este tipo), los sistemas telefónicos corporativos constaban de una PBX, los teléfonos de los usuarios bajo control de la misma y otra serie de módulos opcionales incluidos externamente y que aportaban funcionalidades adicionales (ACD, IVR, sistemas de grabación, etc). En la figura 1 puede observarse el parecido con la arquitectura basada en *mainframe*.”[1]

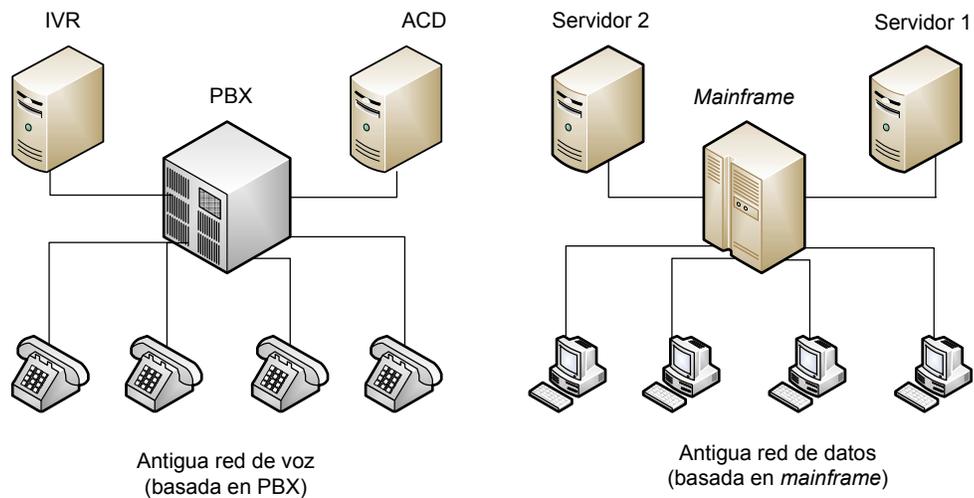


Figura 1. Comparación entre las redes de voz de de datos [1]
(Basada en PBX)

“Sin embargo, esta situación empezó a cambiar con la aparición de las tecnologías de integración de voz y datos y aplicaciones CTI. En este tipo de solución, mostrada en la figura 2, se tiende a incorporar todos los módulos adicionales en forma de software y a establecer mecanismos de control de la red de voz desde la red de datos y viceversa.

El último paso de esta evolución son las redes multi-servicio, en las que tanto la voz como los datos viajan por la misma red y hacen uso de una única infraestructura. Aplicado a los *Contact Centers*, se traduce en dotar a los puestos de operador del centro de todas las funciones típicas (enrutamiento inteligente, aplicaciones CTI, etc) utilizando como soporte una red IP o, en general, una red de voz sobre paquetes, dando lugar a lo que se ha dado en llamar *IP Contact Center (IPCC)*.” [1]

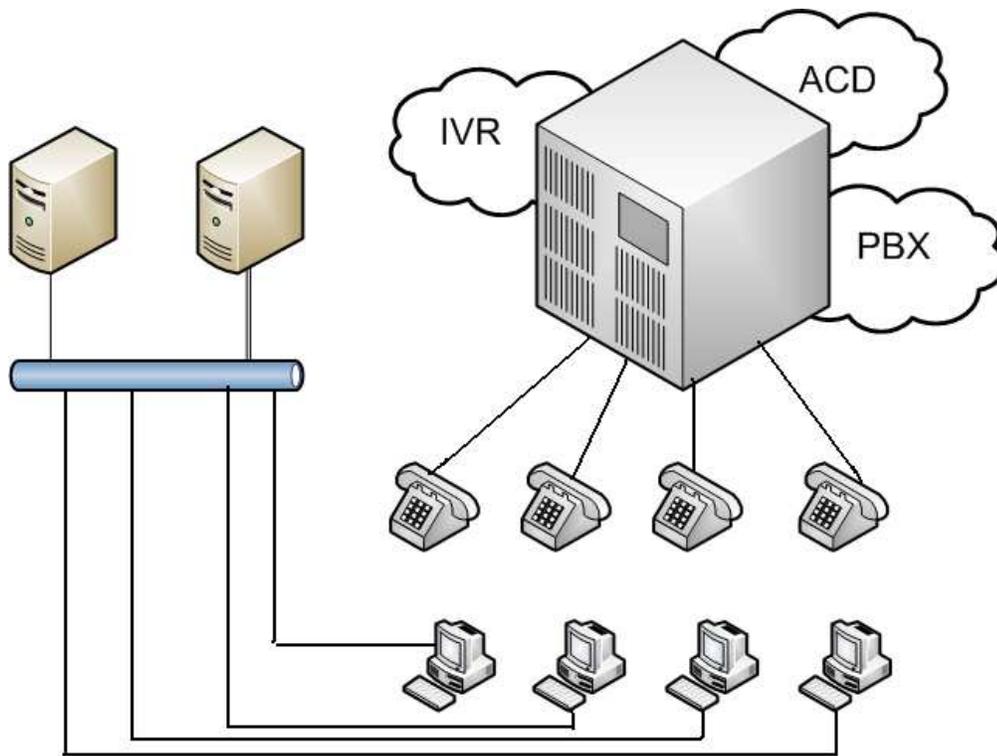


Figura 2. Nuevos modelos de redes de voz y redes de datos. [1]

2.3.- Ingeniería de *Call Centers*

“El dimensionamiento de un *Contact Center* es el proceso por el cual se determinan los recursos necesarios para su implementación.

Tradicionalmente, se han venido utilizando dos técnicas a la hora de planificar los recursos necesarios para implementar un *Call Center* que son:

- Cálculos basados en valores medios y estimaciones: en este tipo de cálculos, se suele considerar la duración de las llamadas uniforme y que cada agente es capaz de atender un determinado número de llamadas por turno. En ocasiones este cálculo se modifica reduciendo el tiempo dedicado por cada agente a la atención del contacto a fin de tener en cuenta el tiempo que el agente no está

disponible por situaciones no contempladas en la programación de turnos. El resultado que se obtiene es un límite superior del número de llamadas que pueden ser atendidas por el centro, asumiendo que todas las llamadas son de un solo tipo.

- Modelos de Erlang: tienen en cuenta de manera explícita la variabilidad de los patrones de llegada y duración de las llamadas. Estos modelos se utilizan con frecuencia para determinar cuántos agentes se necesitan para alcanzar un determinado nivel de servicio.

Los modelos de Erlang aportan un mayor realismo, sin embargo introducen una serie de simplificaciones mostradas a continuación:

- Todas las llamadas son del mismo tipo.
- Todos los agentes pueden atender llamadas con la misma rapidez
- Las tasas de abonado son conocidas e independientes del tiempo que el cliente está en espera.
- La disciplina de servicio de las colas es FIFO (*First In, First Out*)” [1]

“Existen varios modelos de tráfico que pueden usarse para estimar el número de líneas requeridas en una red, entre una central pública y una red privada, etc. Además, también se pueden modelar los procesos de espera, siendo también capaces de estimar el número de agentes de un Call Center de forma aproximada.” [1]

2.3.1.- Modelos de Erlang

“El Erlang es una unidad estándar adimensional utilizada en telefonía como una medida estadística del volumen de tráfico careciendo de medida. Recibe el nombre del ingeniero Danés A. K. Erlang, pionero de la teoría de colas. El tráfico de un

Erlang corresponde a un recurso utilizado de forma continua: un Erlang de carga indica la ocupación continua, al 100%, de un circuito telefónico.” [3]

Los principales modelos de Erlang son los siguientes:

2.3.1.1.- Erlang B

“Es el modelo de tráfico más conocido, y es utilizado para calcular el número de líneas necesarias en un enlace sabiendo el tráfico en Erlangs durante la hora más cargada.”[1]

“A continuación se muestra cómo puede ser expresado recursivamente, en una forma que es usada para calcular tablas de la fórmula de Erlang B:

$$B(0, A) = 1$$

$$B(N, A) = \frac{AB(N - 1, A)}{N + AB(N - 1, A)}$$

Donde:

- B es la probabilidad de bloqueo
- N es el número de recursos como servidores o circuitos en un grupo
- $A = \lambda h$ es la cantidad de tráfico entrante expresado en Erlangs

La fórmula Erlang B se aplica a los sistemas con pérdidas, tales como sistemas telefónicos tanto fijos como móviles, que no ofrecen almacenamiento de llamadas (es decir, no permiten dejar la llamada "en espera"), y no se pretende que lo hagan. Se

asume que las llegadas de llamadas pueden ser modeladas por un proceso de Poisson, pero es válida para cualquier distribución estadística de tiempos entre llamadas.

Erlang B también es una herramienta para dimensionar tráfico entre centrales de conmutación de voz.”[3]

2.3.1.2.- Erlang B extendido

“Este modelo es similar al de Erlang B, pero tiene en cuenta que un porcentaje de llamadas vuelven a intentar entrar al sistema si son bloqueadas (reciben señal de ocupado). Por tanto, se puede incluir en los cálculos el porcentaje de reintentos.”[1]

2.3.1.3.- Erlang C

“La fórmula de Erlang C también asume una población infinita de las fuentes, que ofrecen conjuntamente el tráfico de un Erlangs a N servidores. Sin embargo, si todos los servidores están ocupados cuando una petición llega desde una fuente, la petición va en cola. Un número ilimitado de las solicitudes se podrán celebrar en la cola de esta manera simultánea. Esta fórmula calcula la probabilidad de colas que ofrece el tráfico, suponiendo que pide permanecer bloqueados en el sistema hasta que puedan ser manipulados. Esta fórmula se utiliza para determinar el número de agentes o representantes de servicio al cliente que son necesarios para el personal de un centro de llamadas, para una esperada probabilidad de cola. La expresión utilizada para su cálculo es la siguiente:

$$P_w = \frac{\frac{A^N}{N!} \frac{N}{N-A}}{\sum_{i=0}^{N-1} \frac{A^i}{i!} + \frac{A^N}{N!} \frac{N}{N-A}}$$

Donde:

- A es el tráfico total ofrecido en unidades de Erlangs
- N es el número de servidores
- P_W es la probabilidad de espera que tiene un cliente para recibir el servicio

Se asume que las llegadas de llamadas pueden ser modeladas por un proceso de Poisson, y que los tiempos de las llamadas en espera son descritos por una distribución exponencial negativa. ” [3]

2.3.2.- Teoría de colas

“La teoría de colas es el estudio matemático del comportamiento de líneas de espera. Esta se presenta, cuando los "clientes" llegan a un "lugar" demandando un servicio a un "servidor", el cual tiene una cierta capacidad de atención. Si el servidor no está disponible inmediatamente y el cliente decide esperar, entonces se forma la línea de espera.

Una cola es una línea de espera y la teoría de colas es una colección de modelos matemáticos que describen sistemas de línea de espera particulares o sistemas de colas. Los modelos sirven para encontrar un buen compromiso entre costes del sistema y los tiempos promedio de la línea de espera para un sistema dado. ” [4]

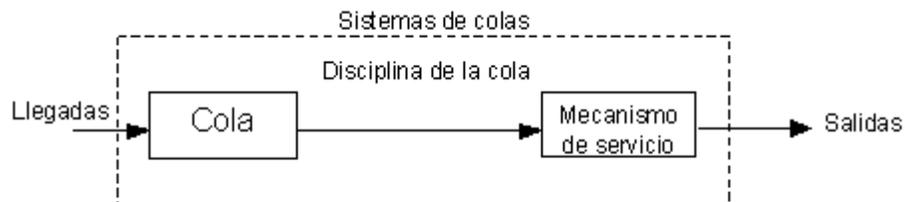


Figura 3. Sistema de cola sencilla [5]

“Las colas son modelos de sistemas que proporcionan servicios. Como modelo, pueden representar cualquier sistema en donde los trabajos o clientes llegan buscando un servicio de algún tipo y salen después de que dicho servicio haya sido atendido. Podemos modelar los sistemas de este tipo tanto como colas sencillas o como un sistema de colas interconectadas formando una red de colas. En la figura 3 se muestra un ejemplo de modelo de colas sencillo. Este modelo puede usarse para representar una situación típica en la cual los clientes llegan, esperan si los servidores están ocupados, son servidos por un servidor disponible y se marchan cuando se obtiene el servicio requerido.”[4]

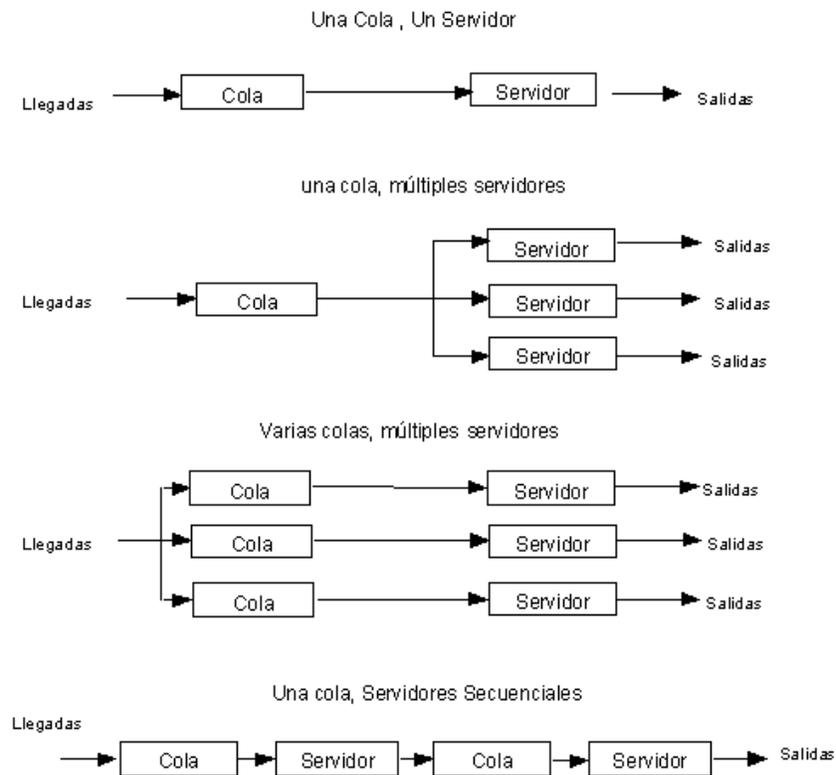


Figura 4. Tipos de sistemas de colas [5]

Basándose en la gráfica anterior se definen los siguientes tipos de sistemas: “el primer sistema de un servidor y una cola. El segundo, una línea con múltiples servidores. El tercer sistema, aquél en que cada servidor tiene una línea de separación. El cuarto sistema, es una línea con servidores en serie. Este modelo puede aplicarse a trabajos de ordenador que esperan tiempo de procesador.”[4]

2.4.- Organización de un *Call Center*

“La organización de un *Call Center* está basada en varios niveles de soporte, dependiendo de las características específicas de cada cliente. Aunque pueden existir más, generalmente se distinguen tres niveles funcionales que dependen de la capacitación de los agentes y que son:

Nivel 1: los agentes constituyen el primer punto de contacto con el cliente. Se trata de personal capacitado para resolver incidencias a la vez que las recibe. Su formación cubre un nivel elemental en todas las áreas relacionadas con la operación básica del sistema.

Las responsabilidades básicas de los agentes son:

- a) Recibir, almacenar, establecer un nivel de prioridad y asignar todas las llamadas que se produzcan dentro del horario establecido, actualizando las bases de datos del sistema cuando sean necesario.
- b) Realizar el seguimiento de las llamadas asignadas a él.
- c) Almacenar en la base de datos de conocimiento aquellos procedimientos y soluciones cuya eficacia haya sido probada.
- d) Proponer mejoras a los procedimientos de contacto de clientes, implementación de inventarios y generación de informes.

Nivel 2: los supervisores se encargan de solucionar (o escalar a donde corresponda) los problemas detectados directamente por ellos mismos o automáticamente por las herramientas de gestión, así como los propagados desde nivel 1. Poseen la capacidad necesaria para trabajar con las herramientas de análisis de los sistemas, análisis de los problemas y estudio de las tendencias de rendimiento.

Nivel 3: es el nivel más especializado. **Los administradores** son responsables del seguimiento de los recursos y actualizaciones desarrolladas y de resolver las incidencias que se le escalan.”[1]

La siguiente figura ofrece un diagrama de flujo en el que se recoge la división funcional descrita:

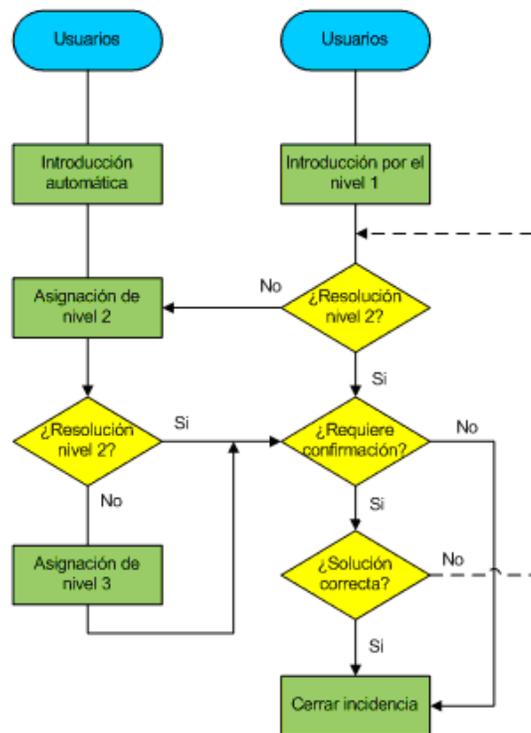


Figura 5 Organización de un *Call Center*. [1]

“El diseño del proceso de atención debe procurar la disponibilidad inmediata del *Call Center*, ya que cada cliente debe poder contactar casi instantáneamente, puesto que los tiempos de espera se perciben mucho más largos cuando se está al teléfono y una espera demasiado larga podría llevarnos a perder dicho cliente.”[1]

2.5.- PBX

“A medida que el tamaño de una empresa aumenta, se encuentra que una única línea telefónica no cubre las necesidades de la misma. Una mejor aproximación supondría mover una parte del conmutador central del operador a las oficinas de la empresa cliente, tal como se muestra en el anexo 10. En este sentido, una PBX ofrece mayor rendimiento tanto para el operador como la empresa usuaria. Así pues, se trata de centrales de conmutación privadas; de ahí que en muchas ocasiones se les llame centralitas.”[1]

“Un PBX o PABX (siglas en inglés de *Private Branch Exchange* y *Private Automatic Branch Exchange* para PABX) cuya traducción al español sería *Intercambiador automático de redes privadas*, es una central telefónica perteneciente a una empresa que generalmente no incluye entre sus actividades servicios telefónicos al público en general.

El término se refiere a equipos de comunicaciones telefónicas destinados para establecer y mantener llamadas tanto internamente (llamadas entre extensiones) como con las líneas de la red pública de teléfono. Este dispositivo generalmente pertenece a la empresa que lo posee mas no a la compañía telefónica, de aquí el adjetivo *privado* a su denominación.”[6]

2.5.1.- Funcionalidades de las PBX

“Las PBX proporcionan un acceso compartido a la red telefónica así como una serie de funcionalidades, entre las que destacan:

- a) Encaminamiento de menor coste: Permite al usuario elegir el proveedor más adecuado para que cada llamada alcance su destino en función de una serie de factores, entre los que se encuentran: la naturaleza de la llamada, el tipo de servicio, la hora del día, el día del año, etc.
- b) Grupos de captura: un usuario de un grupo puede contestar las llamadas de cualquiera de los usuarios de su grupo.
- c) Desvío de llamadas: el usuario puede predefinir (aunque también es posible hacerlo dinámicamente) una extensión a la que la llamada será transferida si él está ocupado o no contesta.
- d) Conferencia: se trata de conectar más de dos líneas entre si, de modo que el audio presente en una de ellas se escuche en todas.
- e) Registro de información de llamadas (CDR Call Detail Recording): proporciona información sobre todas las llamadas entrantes o salientes. Esta información puede ser empleada por el administrador del sistema para realizar informes sobre el uso de la red, e incluye, por lo general, el origen y el destino de la llamada, la troncal o grupo de troncales entrante o saliente, el tiempo de la conexión, código de acceso marcado, el número de teléfono marcado y el código de autorización empleado.

Muchas de las PBX actuales incluyen software que permite la generación de una serie de informes que recogen, entre otros aspectos, los costes de uso por estación, códigos de cuenta de usuario, departamento o grupo de trabajo, etc. Sin embargo, existe la posibilidad de que este software de gestión se ejecute en un ordenador dedicado que se conecta a la PBX por un puerto específico de la misma.

- f) Distribución automática de llamadas (*ACD, Automatic Call Distribution*): un software encamina las llamadas entrantes al agente más apropiado que se encuentra disponible en cada momento.
- g) Indicación de mensaje en espera: muchas PBX incluyen la capacidad de indicar al usuario que le acaban de dejar un mensaje en su buzón mediante el encendido de una luz en su terminal ya sea físico o *softphone*; una vez escuchado dicho mensaje, el indicador se apaga.”[1]

2.5.2.- Tendencias en la rama de las PBX

“Cada vez más, las PBX se están convirtiendo en verdaderos servidores de comunicaciones de voz, datos, video e imágenes. Algunos fabricantes están incluyendo todas estas funcionalidades en una única centralita. Entre las nuevas implementaciones se tienen:

- a) Conexiones a red: el enlace con un *host* o una red local permite acceder a ciertas aplicaciones a través de la PBX compartiendo el mismo cable que los terminales telefónicos. La conectividad entre la PBX y el *host* (o la LAN) puede conseguirse a través de un enlace fastethernet.
- b) Comunicaciones de datos: los fabricantes de PBX están incluyendo, cada vez mas, interfaces para comunicaciones de datos.
- c) Comunicaciones inalámbricas: puertos especiales de la PBX se conectan a una serie de estaciones base de radio. Los usuarios que requieran movilidad van equipados con terminales inalámbricos que se comportan como si fueran una extensión convencional de la PBX. Entre estas tecnologías se encuentran la tecnología DECT y SIP a través de *Wifi* o *Wimax* según sea la solución.
- d) Fax.
- e) Videoconferencia.

- f) PBX basadas en PC: consiste en un PC dedicado en el que se ejecuta un programa específico, una tarjeta que incorpora las funciones de matriz de conmutación y una tarjeta multipuesto. Al estar basada en un PC, tienen el inconveniente de que no son adecuadas para situaciones críticas, aunque estos sistemas son competitivos en coste si se comparan con centralitas pequeñas.”[1]
- g) Seguridad: puesto que en algunas configuraciones las centrales proporcionan acceso a otros recursos del sistema, resulta de vital importancia detectar la intrusión para tomar las medidas oportunas. En este sentido, los fabricantes de PBX están desarrollando sistemas capaces de detener los intentos de ataque de los *hackers*. ”[1]

2.6.- IVR

“En sus orígenes, un IVR consistía en aplicaciones de operadora automática. Una operadora automática es un sistema que se integra dentro de la red corporativa de voz o bien como un servidor externo para responder a las llamadas entrantes. Proporciona al llamante un menú de navegación que le permite contactar con la persona o departamento deseado. La complejidad de este mismo sistema varía mucho de unas aplicaciones a otras, sin embargo, una característica común a todos ellos es que son incapaces de extraer información de otros sistemas, por lo que el carácter interactivo de estas aplicaciones es bastante limitado. Para solventar este problema surgieron los IVR o sistemas de respuesta vocal interactiva.

Un IVR proporciona todas las funcionalidades de una operadora automática aportando la capacidad de emplear la interacción con el propio llamante y con otros sistemas externos. La ventaja principal de un IVR es, de hecho, que se adaptan a casi cualquier situación imaginable.

Así pues, un IVR automatiza la gestión de las llamadas utilizando para ello los tonos DTMF enviados por el usuario. De este modo, es posible emplear el teléfono como dispositivo para interactuar con el PC casi del mismo modo que un teclado y una pantalla.

Una de las formas de enviar información por parte del usuario es pulsando las teclas de su teléfono. Esta funcionalidad permite por ejemplo, seleccionar opciones de menús para el acceso a una información concreta.

Como ya se ha comentado, existen dos tipos de marcación telefónica, la marcación por pulsos y la marcación por DTMF. De las dos, esta última es la que mejor se adapta a los sistemas IVR, ya que en la marcación por pulsos, basada en cortes de la corriente de bucle, no es posible detectar el dígito marcado fuera de un sistema cerrado porque no se transmiten a través de PBX. La detección de dígitos puede utilizarse para interrumpir la grabación o interrupción de audio por parte del sistema. De este modo, no es necesario escuchar todas las opciones de un menú si ya las conocemos, ya que podemos interrumpir el mensaje mediante la pulsación de un tono DTMF con la opción elegida.”[1]

2.7.- Telefonía sobre IP

“La voz sobre IP convierte las señales de voz estándar en paquetes de datos comprimidos que son transportados a través de redes de datos en lugar de líneas telefónicas tradicionales. La evolución de la transmisión conmutada por circuitos a la transmisión basada en paquetes toma el tráfico de la red pública telefónica y lo coloca en redes IP bien provisionadas. Las señales de voz se encapsulan en paquetes IP bien provisionadas. Las señales de voz se encapsulan en paquetes IP que pueden transportarse como IP nativo o como IP por *Ethernet*, *Frame Relay* o *ATM*. ” [1]

2.7.1.- Componentes VoIP.

“Existen tres tipos de componentes básicos en la tecnología VoIP: Clientes, servidores y *Gateways* (puertas de acceso).

a) El Cliente

- Establece y termina las llamadas de voz.
- Codifica, empaqueta y transmite la información de salida Generada.
- Recibe, decodifica y reproduce la información de voz de entrada a través de los altavoces o audífonos del usuario.
- El cliente se presenta en dos formas básicas:
 - i. Una suite de software corriendo en un PC que el usuario controla mediante una interfaz grafica de usuario (GUI)
 - ii. Puede ser un cliente virtual que reside en un Gateway

b) Los servidores

Manejan un amplio rango de operaciones, las cuales incluyen validación de usuarios, tasación, contabilidad, tarificación, recolección y distribución de utilidades, enrutamiento, administración general del servicio, carga de clientes, control del servicio, registro de usuarios, servicios de directorio y otros.

c) Los *Gateways*

Proporcionan un puente entre los módulos de telefonía tradicional y la telefonía sobre internet, permitiendo a los usuarios comunicarse entre sí. La función principal de un *gateway* es proveer las interfaces apropiadas para la telefonía tradicional funcionando como una plataforma para los clientes virtuales.” [7]

2.8.- Tipos de redes IP

- a) “Internet. El estado actual de la red permite un uso profesional para el tráfico de voz.
- b) Red IP pública. Los operadores ofrecen a las empresas la conectividad necesaria para interconectar sus redes de área local en lo que al tráfico IP se refiere. Se puede considerar como algo similar a Internet, pero con una mayor calidad de servicio y con importantes mejoras en seguridad. Hay operadores que incluso ofrecen garantías de bajo retardo y/o ancho de banda, lo que las hace muy interesante para el tráfico de voz.
- c) Intranet. La red IP implementada por la propia empresa. Suele constar de varias redes LAN (Ethernet conmutada, ATM) que se interconectan mediante redes WAN tipo *Frame-Relay* / ATM, líneas punto a punto, RDSI para el acceso remoto. En este caso la empresa tiene bajo su control prácticamente todos los parámetros de la red, por lo que resulta ideal para su uso en el transporte de la voz.”[7]

2.9.- QoS en redes integradas

“La calidad de servicio (*QoS Quality of Service*) hace referencia a la capacidad de la red de proporcionar el nivel de servicio adecuado a cada tipo de tráfico, es decir, de asegurar cierto ancho de banda dentro del ancho de banda disponible. Este aspecto adquiere una importancia fundamental cuando se considera la integración de voz y datos en una única infraestructura. Para entender las limitaciones tecnológicas que va a suponer la transmisión de voz sobre una red de paquetes, conviene recordar las características de las redes de voz convencionales.

Con el fin de paliar los efectos de las limitaciones de las redes de datos, las técnicas de *QoS* permiten proporcionar un servicio garantizado extremo a extremo a tres niveles:

- a) Nivel de dispositivo de la red a través del encolado, la planificación y la adaptación del tráfico.
- b) Nivel de señalización para coordinar la *QoS* extremo a extremo entre los elementos de la red
- c) Nivel de la gestión para controlar y administrar el tráfico extremo a extremo a través de la red.

En una red de paquetes las técnicas de *QoS* se aplican en los *routers* y *switches* de la red. Puesto que no todos los equipos desempeñan las mismas funciones, no todos aplicarán la *QoS* de la misma manera. Las herramientas de que se dispone a la hora de asegurar la calidad de voz sobre paquetes son el aprovisionamiento del ancho de banda adecuado, la clasificación del tráfico y el control y la previsión de la congestión. Además, en situaciones en las que los enlaces WAN son de baja capacidad, habrá que considerar el empleo de técnicas de fragmentación, adaptación del tráfico y control de admisión.”[1]

2.9.1.- Limitaciones tecnológicas de la voz sobre paquetes

“Las redes de conmutación de circuitos tradicionales han sido diseñadas y optimizadas para el transporte de voz. Como consecuencia, la PSTN proporciona una calidad de servicio predecible para el tráfico de voz y prueba de ello es que se ha convertido en el estándar de referencia a la hora de analizar la calidad de la voz en cualquier tipo de red. La PSTN consigue una alta calidad reservando recursos para cada comunicación y no sometiendo a la señal a ninguna técnica de codificación o conversión analógico-digital.

Sin embargo, en una red integrada de voz y datos, la calidad de la voz deja de estar garantizada y de ser predecible, convirtiéndose en un factor discriminante entre diferentes tipos de redes, equipos y servicios. Por ello la medida de la calidad de la voz se ha convertido en un aspecto fundamental dentro del entorno de la convergencia de redes.

Existen varios factores que influyen en la calidad de la voz, entre los que se encuentran el retardo, el *jitter*, las pérdidas de paquetes y la claridad de la voz.

2.9.1.1.- Retardo:

Una de las características más importantes de la voz es su temporalidad. Desde este punto de vista, dos sílabas pertenecen a una misma palabra si se pronuncian dentro de un cierto intervalo de tiempo, por lo que dicho intervalo llega a ser tan importante como las propias sílabas. Por ello, si se introdujera un retardo adicional entre dos sílabas de una palabra la melodía de la voz se perdería, afectando esto a la integridad del mensaje transmitido.

El retardo causa dos problemas:

a) Eco

En términos muy generales, el eco puede definirse como el fenómeno que se produce cuando, en cualquier comunicación, el emisor recibe parte de la señal que él mismo envió junto con la procedente del otro extremo o en ausencia de ésta. Cuando el retardo del eco supera cierto umbral (establecido por la ITU en 5 ms), mantener una conversación podría llegar a ser imposible.

b) Solapamiento de la voz de los interlocutores

En el transcurso de una conversación se producen pausas que invitan al otro interlocutor a contestar. Si la respuesta no llega en un intervalo de tiempo aceptable, el hablante original podría continuar hablando, de tal suerte que cuando llegara la respuesta esperada, la voz de ambos se solaparía haciendo imposible la comunicación. El umbral de retardo a partir del cual este fenómeno empieza a aparecer se encuentra en torno a los 150 ms.

Por tanto, es el retardo extremo a extremo el factor crítico de diseño en una red de transporte de voz en paquetes. Suponiendo que el principal objetivo de un sistema de voz sobre paquetes sea la reducción de los costes de las comunicaciones de voz, la relación entre la calidad percibida y el retardo en un solo sentido podría ser la que se muestra en la figura 6 (recomendación G.114 ITU-T)

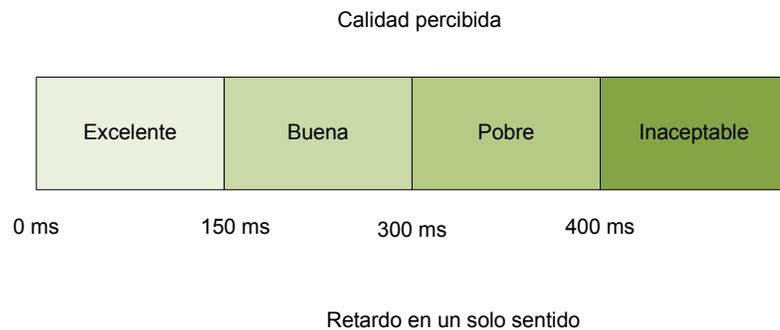


Figura 6. Calidad percibida de la voz en función del retardo. [1]

2.9.1.2.- Jitter

El Jitter puede definirse como la variabilidad, respecto a la media, del retardo que sufren los paquetes en su viaje de la fuente al destino. Si un paquete se retarda más de lo debido, no llegará a tiempo al receptor, por lo que se dará por perdido y se

actuará en consecuencia. Esto supone una pérdida en la calidad de la voz, que resulta inaceptable si esta situación se repite demasiado a menudo.

La causa principal del *jitter* son las variaciones del retardo de encolado debido a los cambios dinámicos que sufre la carga de tráfico de red. También influyen las diferencias en el retardo de propagación, ya que ocurre que, en ocasiones, caminos de igual coste no tienen físicamente la misma longitud, por lo que los paquetes que viajen por ellos sufrirán retardos diferentes y esto es lo que se conoce como *jitter*

2.9.1.3.- Pérdida de paquetes

La pérdida de paquetes es un fenómeno común a todas las redes de conmutación de paquetes. A diferencia de las redes de conmutación de circuitos en la que se establece un circuito físico entre los dos extremos de la comunicación, este tipo de redes se caracteriza porque los paquetes son enviados a medida que se van generando sin una conexión previa entre el emisor y el receptor.

En este contexto, las pérdidas acontecen cuando las colas de paquetes de los *routers* se llenan y son incapaces de aceptar más paquetes: se ha producido la congestión de *router* (no hay más ancho de banda). El problema quedaría resuelto si se cambiara dicho *router* por otro de mayor capacidad y/o se sustituyese el enlace por otro de mayor ancho de banda. Cabe destacar que esta solución no es la más económica para implementar.

La principal consecuencia de la pérdida de paquetes de voz es una pérdida de la calidad de la misma. Cada paquete contiene, aproximadamente, unos 20ms de señal vocal (depende del esquema de codificación empleado), lo que se corresponde con la duración media de un fonema. De esta forma, la pérdida de un paquete se traduce en la supresión de un fonema durante el proceso de reproducción de voz en el receptor. Por esta razón, una tasa de pérdidas baja es aceptable, pues el cerebro es capaz de

reconstruir los fonemas perdidos, pero si dicha tasa aumenta por encima de un cierto nivel, la calidad de voz resulta inaceptable.

2.9.1.4.- La claridad de la voz

Es un parámetro subjetivo que puede definirse como la fidelidad con que la voz es percibida por el extremo remoto y depende de la distorsión introducida por los componentes de la red. Sin embargo, es independiente del retardo (aunque el *jitter* si ejerce gran influencia) y del eco (puesto que éste es escuchado por el emisor y la claridad se evalúa en el receptor).”[1]

2.9.2.- Aprovisionamiento de ancho de banda

“Uno de los procesos críticos en el diseño de una red integrada es el cálculo del ancho de banda necesario para la integración. La mejor forma de obtenerlo es emplear para el análisis las aplicaciones de datos y video más restrictivas, esto es, que más ancho de banda requieran, y sumarlas al ancho de banda requerido para el transporte de voz. El resultado debe constituir, aproximadamente el 75% de la capacidad máxima del enlace”[1]

2.9.3.- Clasificación del tráfico

“Si se ha dicho que las técnicas de QoS tienen como objetivo proporcionar el nivel de servicio adecuado a cada tipo de tráfico, los mecanismos de clasificación adquieren una importancia fundamental, pues constituyen el primer paso de cualquiera del resto de las técnicas de QoS.

Se debe determinar si la clasificación se va a llevar a cabo analizando las características del tráfico de cada paquete dependiendo de una sesión, es decir, en función de lo que se establezca en la fase de negociación de parámetros extremo a extremo que tiene lugar antes de la transmisión. En cuanto a la política de clasificación, existen criterios muy variados: tipo de tráfico contenido en el paquete, dirección IP, puerto, etc.

Un aspecto importante de clasificación del tráfico puede llevarse a cabo a nivel 2 o a nivel 3. Entre las técnicas pertenecientes al primer grupo se encuentran 802.1Q, 802.1p y ATM *QoS*. Dentro del segundo, encontramos IP ToS y DiffServ.

2.9.3.1.- IEEE 802.1Q

El estándar 802.1Q define una arquitectura de puentes LAN virtuales en la que todos los tipos de tráfico tienen la capacidad de manejar señalización de la prioridad de usuario extremo a extremo independientemente de la información de usuario incluida en los protocolos de MAC y de proporcionar servicios VLAN, incluyendo la definición de formatos de trama para representar información de identificación VLAN.

802.1Q define información adicional que se añade a la trama de MAC en forma de etiqueta. Esta etiqueta constituye una cabecera adicional que se inserta en la trama de MAC inmediatamente después de los campos de dirección origen y destino, y detrás de la información de encaminamiento si está presente.

En función del etiquetado, las tramas 802.1Q se dividen en tramas sin etiquetar, tramas con prioridad y tramas etiquetadas.

Por otra parte, la prioridad de usuario de una trama recibida por un puente se determina basándose en las siguientes reglas:

- a) Si la trama recibida está etiquetada o incluye prioridad, se emplea el valor de prioridad indicada en la etiqueta de la cabecera.
- b) En caso contrario, la información de prioridad se corresponde con la prioridad de la trama MAC, modificada o no por los valores de la tabla de regeneración de la prioridad.”[1]

2.10.- El *Codec*

“El *Codec* es una tecnología usada para comprimir ó descomprimir datos y de esta forma lograr reducir el tamaño de los archivos digitales, que son necesarios para la ejecución de una aplicación. Generalmente estos mecanismos conllevan a una disminución de la calidad, por lo que constantemente se encuentran en desarrollo.

2.10.1.- *Codecs* de Audio

Los estándares establecidos por la ITU-T para la codificación de audio son G.711, G.722, G.723, G.728 y G.729.

G.711: Es el estándar de codificación de audio que se usa en la telefonía y videotelefonía. Este protocolo codifica muestras de la señal de audio a 8 kHz y asigna a esas muestras un código de 8 bits con el que se consigue tener 256 posibles valores de la muestra para posteriormente ser cuantificados con velocidades de transferencia de 64 kbps, esto se conoce como modulación por codificación de pulsos (PCM).

G.722: Este estándar no codifica el valor de la muestra, más bien se enfoca en codificar la diferencia entre dos muestras consecutivas; entonces se puede codificar con menos bits al ser una diferencia muy pequeña. Por ello, en este estándar se muestrea la señal a 16 kHz y se asignan códigos de 4 bits consiguiendo tener 16

posibles valores de la señal y obteniendo así mayor calidad que con el estándar G.711.

Con el codec G.711 se convertían frecuencias de 3.1 kHz a 64 kbps, pero con el desarrollo de G.722 se consigue convertir frecuencias de entre 50 Hz y 7 kHz a 48, 56, 64 kbps reduciendo así el empleo de ancho de banda.

G.723.1: Comprime frecuencias entre 50 Hz y 3.4kHz pero lo hace a canales de 5.3 y 6.3kbps, consiguiendo así mayor disponibilidad y mayor calidad en la transmisión y recepción.

G.728: Utiliza fórmulas matemáticas para reproducir la señal LD-CELP (*Low Delay Code Excited Linear Prediction*) y se usan dos bits para codificar los parámetros predictores usados en estas fórmulas, con los que se consigue sólo 4 niveles de cuantificación para una señal con 16 kbps. Consigue codificar frecuencias de 3.1 kHz a flujos de 16 kbps.

G.729: Estándar equivalente a G.728 pero se reduce el régimen binario de 16 Kbps a 8 Kbps.

En la tabla 1 se muestra una comparación de los protocolos de audio mencionados anteriormente.”[8]

CODEC	Ancho de Banda	Velocidad de Transmisión	Retardo
G.711	3 kHz	48, 56, 64 kbit/s	< 1 ms
G.722	7 kHz	48, 56, 64 kbit/s	< 2 ms
G.723	3 kHz	5.3, 6.3 kbit/s	< 100 ms
G.728	3 kHz	16 kbit/s	< 2 ms
G.729	3 kHz	8 kbit/s	< 50 ms

Tabla 1. *Codecs* de Audio. [8]

2.10.2.- Codecs de video

“**H.264:** o MPEG-4 parte 10 es una norma que define un códec de vídeo de alta compresión, desarrollada conjuntamente por el ITU-T *Video Coding Experts Group* (VCEG) y el ISO/IEC *Moving Picture Experts Group* (MPEG). La intención del proyecto H.264/AVC fue la de crear un estándar capaz de proporcionar una buena calidad de imagen con tasas binarias notablemente inferiores a los estándares previos (MPEG-2, H.263 o MPEG-4 parte 2), además de no incrementar la complejidad de su diseño.

El uso inicial del MPEG-4 AVC estuvo enfocado hacia el vídeo de baja calidad para videoconferencia y aplicaciones por Internet, basado en 8 bits/muestra y con un muestreo ortogonal de 4:2:0.”[9]

2.11.- Protocolos usados en VoIP

Existen una gran cantidad de protocolos utilizados para permitir el tráfico eficiente de la voz en las redes de datos; entre los más importantes se encuentran:

2.11.1. - RTP (Real Time Transport Protocol)

“Proporciona un servicio de audio y video en tiempo real extremo a extremo sobre una red de paquetes. El proceso implica dividir en paquetes el flujo de bits que proporciona el codificador de señal, enviar dichos paquetes por la red y re ensamblar el mensaje original en el destino. Este método resulta complejo debido que existen pérdidas de paquetes, diferentes retrasos e incluso una alteración en el orden que llegan al receptor. Por esta razón el protocolo de transporte debe permitir que el otro

extremo pueda detectar todas estas pérdidas y a su vez debe proveer de información temporal para que el receptor pueda compensar el *jitter* (variabilidad de retardo). Para solventar estos inconvenientes RTP emplea los siguientes servicios:

- a) Fragmentación: cada paquete RTP contiene un número de secuencia empleado para la detección de pérdidas durante el re ensamblado del mensaje de recepción.
- b) Sincronización Intermedia: los paquetes del mismo flujo pueden sufrir retardos diferentes, dando lugar a la aparición del *jitter*. Para compensarlo, las aplicaciones emplean *buffers* que utilizan las marcas temporales proporcionadas por RTP para medir el *jitter*.
- c) Identificación del tipo de Carga: en una red de paquetes, tanto las condiciones de la red como la pérdida de paquetes y el retardo de los mismos varían incluso en el transcurso de una misma llamada. Los codificadores de audio y video se diferencian en su capacidad para trabajar adecuadamente para trabajar adecuadamente bajo distintas condiciones de pérdidas. Por lo tanto es necesario ser capaz de cambiar dinámicamente la codificación de la información en la misma medida en que varían las condiciones de la red, para ello, RTP contiene un identificador del tipo de carga en cada paquete, el cual describe el tipo de codificación que se ha empleado en su generación.
- d) Indicación de trama: las señales de audio y video se envían en unidades lógicas denominadas tramas, a fin de que pueda sincronizarse con niveles superiores, para lo que se emplea un bit de marca.

Todas estas funciones se soportan gracias a la cabecera de RTP. En términos generales RTP se ejecuta sobre UDP (*User Datagram Protocol*) para hacer uso de sus funciones de multiplexación y control de errores. Se decidió escoger UDP sobre TCP (*Transmission Control Protocol*), ya que, para los datos en tiempo real es más importante la llegada al destino que la fiabilidad de los mismos. Más aún, cuando exista una congestión en la red, algunos paquetes podrían perderse y la calidad de

reproducción disminuiría pero sería aceptable, si TCP insiste para obtener una transmisión fiable, los paquetes retransmitidos podrían aumentar el retardo, bloqueando la red y eventualmente se detendría la reproducción de los datos.

Para iniciar una sesión de RTP, la aplicación define dos direcciones de transporte formadas por una dirección de red y un par de puertos, uno para RTP y otro para RTCP. En una sesión multimedia, cada flujo de datos es transportado en una sesión RTP separada, los paquetes RTCP informan sobre la calidad de servicio para dicha sesión. Es decir, que el audio y el video viajan en sesiones RTP separadas e independientes y habilitarían a un receptor a elegir si recibe o no un flujo particular. El protocolo RTP proporciona los servicios extremo a extremo en tiempo real; sin embargo, no dispone de ningún mecanismo para asegurar la calidad de servicio, sino que, por el contrario, necesita del apoyo de capas más bajas, que controlen la reserva de recursos. Además, RTP no realiza control de flujo, se limita a proporcionar marcas temporales que pueden utilizarse en la aplicación receptora para implementar un control de flujo local.

2.11.2.- RTCP (Real Time Control Protocol)

Este protocolo es la parte del RTP que proporciona servicios de control, además de otra serie de funcionalidades adicionales. Entre ellas se puede enumerar las siguientes:

- a) Realimentación sobre QoS: los receptores de una sesión emplean RTCP para informar al emisor sobre la calidad de su recepción. Esta información incluye el número de paquetes perdidos, *jitter* y el RTT(*Round Trip Time*), y puede ser empleada por la fuente en aplicaciones adaptativas que ajustan la codificación y otros parámetros en función de la información de la realimentación.

- b) Sincronización Intermedia: para mejorar el nivel de flexibilidad, el audio y el video suelen transportarse en flujos diferentes que deben sincronizarse en el receptor. Esta capacidad de sincronización es proporcionada por el RTCP incluso en el caso de que los flujos procedan de fuentes distintas.
- c) Identificación: los paquetes RTCP contienen información de identificación de cada participante en la sesión, tal como la dirección de correo electrónico, el número de teléfono o el nombre completo de dicho participante. Esto permite a todos los usuarios conocer la identidad del resto.
- d) Control de sesión: RTCP permite a un usuario indicar que deja la sesión (envió de un paquete “adiós”) así como el intercambio de mensajes cortos entre participantes.

Periódicamente, todos los usuarios en una sesión transmiten un paquete con la información citada anteriormente a la misma dirección (*unicast* ó *multicast*) como un flujo RTP pero a un puerto diferente. Esta periodicidad en el envío tiene su justificación en que dichos paquetes proporcionan información sensible temporalmente, como la calidad de la recepción, que queda obsoleta tras cierto tiempo. El período de envío de estos paquetes está determinado por un algoritmo que lo adapta al tamaño del grupo que participa en la sesión y de este modo evitar problemas de congestión en caso de reducción del ancho de banda.”[8]

2.11.3.- SIP (Session Initiation Protocol)

“*Session Initiation Protocol* (SIP o Protocolo de Inicio de Sesiones) es un protocolo desarrollado por el IETF *MMUSIC Working Group* con la intención de ser el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario donde intervienen elementos multimedia como el video, voz, mensajería instantánea, juegos online y realidad virtual.

El protocolo SIP fue diseñado por el IETF con el concepto de "caja de herramientas", es decir, el protocolo SIP se vale de las funciones aportadas por otros protocolos, las que da por hechas y no vuelve a desarrollarlas. Debido a este concepto SIP funciona en colaboración con otros muchos protocolos. El protocolo SIP se concentra en el establecimiento, modificación y terminación de las sesiones, se complementa, entre otros, con el SDP, que describe el contenido multimedia de la sesión, por ejemplo qué direcciones IP, puertos y *códecs* se usarán durante la comunicación. También se complementa con el RTP (*Real-time Transport Protocol*). RTP es el verdadero portador para el contenido de voz y video que intercambian los participantes en una sesión establecida por SIP.

Otro concepto importante en su diseño es el de extensibilidad. Esto significa que las funciones básicas del protocolo, definidas en la RFC 3261, pueden ser extendidas mediante otras RFC (*Requests for Comments*) dotando al protocolo de funciones más potentes.

Las funciones básicas del protocolo incluyen:

- a) Determinar la ubicación de los usuarios, proveyendo nomadicidad.
- b) Establecer, modificar y terminar sesiones multipartitas entre usuarios

El protocolo SIP adopta el modelo cliente-servidor y es transaccional. El cliente realiza peticiones (requests) que el servidor atiende y genera una o más respuestas (dependiendo de la naturaleza, Método, de la petición). Por ejemplo para iniciar una sesión el cliente realiza una petición con el método INVITE en donde indica con qué usuario (o recurso) quiere establecer la sesión. El servidor responde ya sea rechazando o aceptado esa petición en una serie de respuestas. Las respuestas llevan un código de estado que brindan información acerca de si las peticiones fueron resueltas con éxito o si se produjo un error. La petición inicial y todas sus respuestas constituyen una transacción.

Los servidores, por defecto, utilizan el puerto 5060 en TCP (*Transmission Control Protocol*) y UDP (*User Datagram Protocol*) para recibir las peticiones de los clientes SIP.

Como una de las principales aplicaciones del protocolo SIP es la telefonía, un objetivo de SIP fue aportar un conjunto de las funciones de procesamiento de llamadas y capacidades presentes en la red pública conmutada de telefonía. Así, implementó funciones típicas de dicha red, como son: llamar a un número, provocar que un teléfono suene al ser llamado, escuchar la señal de tono o de ocupado. La implementación y terminología en SIP son diferentes a las utilizadas para la PSTN.

2.11.3.1.- funcionamiento del protocolo

El protocolo SIP permite el establecimiento de sesiones multimedia entre dos o más usuarios. Para hacerlo se vale del intercambio de mensajes entre las partes que quieren comunicarse.

a) Agentes de Usuario

Los usuarios, que pueden ser seres humanos o aplicaciones de software, utilizan para establecer sesiones lo que el protocolo SIP denomina "Agentes de usuario". Estos no son más que los puntos extremos del protocolo, es decir son los que emiten y consumen los mensajes del protocolo SIP. Un videoteléfono, un teléfono, un cliente de software (softphone) y cualquier otro dispositivo similar es para el protocolo SIP un agente de usuario. El protocolo SIP no se ocupa de la interfaz de estos dispositivos con el usuario final, sólo se interesa en los mensajes que estos generan y cómo se comportan al recibir determinados mensajes.

Los agentes de usuario se comportan como clientes (UAC: *User Agent Clients*) y como servidores (UAS: *User Agent Servers*). Son UAC cuando realizan

una petición y son UAS cuando la reciben. Por esto los agentes de usuario deben implementar un UAC y un UAS.

Además de los agentes de usuario existen otras entidades que intervienen en el protocolo; estos son los Servidores de Registro o *Registrar*, los Proxy y los Redirectores. A continuación se describe su finalidad.

b) Servidores de Registro o Registrar

El protocolo SIP permite establecer la ubicación física de un usuario determinado, esto es en qué punto de la red está conectado. Para ello se vale del mecanismo de registro. Este mecanismo funciona como sigue:

Cada usuario tiene una dirección lógica que es invariable respecto de la ubicación física del usuario. Una dirección lógica del protocolo SIP es de la forma *usuario@dominio* es decir tiene la misma forma que una dirección de correo electrónico. La dirección física (denominada "dirección de contacto") es dependiente del lugar en donde el usuario está conectado (de su dirección IP). Cuando un usuario inicializa su terminal (por ejemplo conectando su teléfono o abriendo su software de telefonía SIP) el agente de usuario SIP que reside en dicho terminal envía una petición con el método REGISTER a un Servidor de Registro (*Registrar* en inglés), informando a qué dirección física debe asociarse la dirección lógica del usuario. El servidor de registro realiza entonces dicha asociación (denominada *binding*). Esta asociación tiene un período de vigencia y si no es renovada, caduca. También puede terminarse mediante una derregistación. La forma en que dicha asociación es almacenada en la red no está determinada por el protocolo SIP, pero es vital que los elementos de la red SIP accedan a dicha información.

c) Servidores Proxy y de Redirección

Para encaminar un mensaje entre un agente de usuario cliente y un agente de usuario servidor normalmente se recurre a los servidores. Estos servidores pueden actuar de dos maneras:

- Como Proxy, encaminando el mensaje hacia destino
- Como Redirector (*Redirect*) generando una respuesta que indica al originante la dirección del destino o de otro servidor que lo acerque al destino.

La principal diferencia es que el servidor proxy queda formando parte del camino entre el UAC y el (o los) UAS, mientras que el servidor de redirección una vez que indica al UAC cómo encaminar el mensaje ya no interviene más.

Un mismo servidor puede actuar como Redirector o como Proxy dependiendo de la situación.”[10]

En la siguiente figura se muestra el establecimiento de una llamada SIP a través de un Proxy server

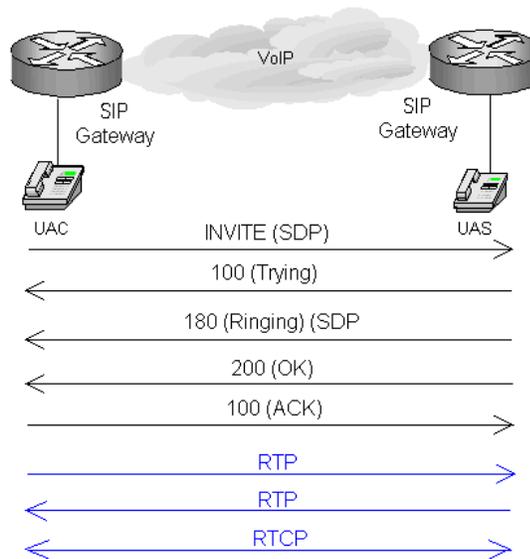


Figura 7. Comunicación SIP

2.11.4.- IAX (Inter-Asterisk eXchange protocol)

"Es uno de los protocolos utilizado por Asterisk, un servidor PBX. Es utilizado para manejar conexiones VoIP entre servidores Asterisk, y entre servidores y clientes que también utilizan protocolo IAX.

El protocolo IAX ahora se refiere generalmente al IAX2, la segunda versión del protocolo IAX. El protocolo original ha quedado obsoleto a favor de IAX2.

2.11.4.1.- Propiedades básicas

IAX2 es robusto, lleno de novedades y muy simple en comparación con otros protocolos. Permite manejar una gran cantidad de *códecs* y un gran número de *streams*, lo que significa que puede ser utilizado para transportar virtualmente cualquier tipo de dato. Esta capacidad lo hace muy útil para realizar videoconferencias o realizar presentaciones remotas.

IAX2 soporta *Trunking (red)*, donde un único enlace permite enviar datos y señalización por múltiples canales. Cuando se realiza *Trunking*, los datos de múltiples llamadas son manejados en un único conjunto de paquetes, lo que significa que un datagrama IP puede entregar información para más llamadas sin crear latencia adicional. Esto es una gran ventaja para los usuarios de VoIP, donde las cabeceras IP son un gran porcentaje del ancho de banda utilizado.

2.11.4.2.- El Inicio de IAX

El protocolo IAX2 fue creado por Mark Spencer para la señalización de VoIP en Asterisk. El protocolo crea sesiones internas y dichas sesiones pueden utilizar cualquier códec que pueda transmitir voz o vídeo. El IAX esencialmente provee control y transmisión de flujos de datos multimedia sobre redes IP. IAX es

extremadamente flexible y puede ser utilizado con cualquier tipo de dato incluido vídeo.

El diseño de IAX se basó en muchos estándares de transmisión de datos, incluidos SIP, MGCP y RTP

2.11.4.3.- Objetivos de IAX

El principal objetivo de IAX ha sido minimizar el ancho de banda utilizado en la transmisión de voz y vídeo a través de la red IP, con particular atención al control y a las llamadas de voz y proveyendo un soporte nativo para ser transparente a NAT. La estructura básica de IAX se fundamenta en la multiplexación de la señalización y del flujo de datos sobre un único puerto UDP entre dos sistemas.

IAX es un protocolo binario y está diseñado y organizado de manera que reduce la carga en flujos de datos de voz. El ancho de banda para algunas aplicaciones se sacrifica en favor del ancho de banda para VoIP.”[11]

2.12.- Software libre

“El término Software Libre se refiere a la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el software. De modo más preciso, se refiere a cuatro libertades de los usuarios del software:

- a) La libertad de usar el programa, con cualquier propósito (libertad 0).
- b) La libertad de estudiar cómo funciona el programa, y adaptarlo a tus necesidades (libertad 1). El acceso al código fuente es una condición previa para esto.
- c) La libertad de distribuir copias, con lo que puedes ayudar a tu vecino (libertad 2).

- d) La libertad de mejorar el programa y hacer públicas las mejoras a los demás, de modo que toda la comunidad se beneficie. (libertad 3). El acceso al código fuente es un requisito previo para esto.

Un programa es software libre si los usuarios tienen todas estas libertades. Así pues, se debería de tener la libertad de distribuir copias, sea con o sin modificaciones, sea gratis o cobrando una cantidad por la distribución, a cualquiera y a cualquier lugar. El ser libre de hacer esto significa (entre otras cosas) que no tienes que pedir o pagar permisos.

La libertad de distribuir copias debe incluir tanto las formas binarias o ejecutables del programa como su código fuente, sean versiones modificadas o sin modificar (distribuir programas de modo ejecutable es necesario para que los sistemas operativos libres sean fáciles de instalar). Está bien si no hay manera de producir un binario o ejecutable de un programa concreto (ya que algunos lenguajes no tienen esta capacidad), pero se debe tener la libertad de distribuir estos formatos si se encontrara o se desarrollara la manera de crearlos.”[12]

2.12.1.- Licencia publica general de GNU

“La licencia pública general de GNU o mas conocida por su nombre en inglés *GNU General Public License* o simplemente su acrónimo del inglés GNU GPL, es una licencia creada por la *Free Software Foundation* a mediados de los 80, y está orientada principalmente a proteger la libre distribución, modificación y uso de software. Su propósito es declarar que el software cubierto por esta licencia es software libre y protegerlo de intentos de apropiación que restrinjan esas libertades a los usuarios.

La licencia GPL, al ser un documento que cede ciertos derechos al usuario, asume la forma de un contrato, por lo que usualmente se le denomina contrato de licencia o acuerdo de licencia. En los países de tradición anglosajona existe una distinción doctrinal entre licencias y contratos, pero esto no ocurre en los países de tradición civil o continental. Como contrato, la GPL debe cumplir los requisitos legales de formación contractual en cada jurisdicción.”[13]

2.13.- Asterisk

“**Asterisk** es una aplicación de software libre (bajo licencia GPL) de una central telefónica (PBX). Como cualquier PBX, se puede conectar un número determinado de teléfonos para hacer llamadas entre sí e incluso conectar a un proveedor de VoIP o bien a una RDSI tanto básicos como primarios.

Mark Spencer, de Digium, inicialmente creó Asterisk y actualmente es su principal desarrollador, junto con otros programadores que han contribuido a corregir errores y añadir novedades y funcionalidades. Originalmente desarrollado para el sistema operativo GNU/Linux, Asterisk actualmente también se distribuye en versiones para los sistemas operativos BSD, MacOSX, Solaris y Microsoft Windows, aunque la plataforma nativa (GNU/Linux) es la mejor soportada de todas.

Asterisk incluye muchas características anteriormente sólo disponibles en sistemas costosos propietarios PBX como buzón de voz, conferencias, IVR, distribución automática de llamadas, y otras muchas más. Los usuarios pueden crear nuevas funcionalidades escribiendo un *dialplan* en el lenguaje de script de Asterisk o añadiendo módulos escritos en lenguaje C o en cualquier otro lenguaje de programación soportado por Linux.

Para conectar teléfonos estándar analógicos son necesarias tarjetas electrónicas telefónicas FXS o FXO fabricadas por Digium u otros proveedores, ya que para conectar el servidor a una línea externa no basta con un simple módem.

Quizá lo más interesante de Asterisk es que soporta muchos protocolos VoIP como pueden ser SIP, H.323, IAX y MGCP. Asterisk puede interoperar con terminales IP actuando como un *registrador* y como *gateway* entre ambos.

La versión estable de Asterisk está compuesta por los módulos siguientes:

- Asterisk: Ficheros base del proyecto.
- Zaptel: Soporte para hardware. Drivers de tarjetas.
- Addons: Complementos y añadidos del paquete Asterisk. Opcional.
- Libpri: Soporte para conexiones digitales. Opcional.
- Sounds: Aporta sonidos y frases en diferentes idiomas.

Cada módulo cuenta con una versión estable y una versión de desarrollo. La forma de identificar las versiones se realiza mediante la utilización de tres números separados por un punto. Teniendo desde el inicio como primer número el uno, el segundo número indica la versión, mientras que el tercero muestra la revisión liberada. En las revisiones se llevan a cabo correcciones, pero no se incluyen nuevas funcionalidades.

En las versiones de desarrollo el tercer valor siempre es un cero, seguido de la palabra "beta" y un número, para indicar la revisión.”[19]

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

Se procedió a recopilar información de forma sistemática de la variedad de programas que cumplieran con los requisitos del proyecto, basados en software libre, esto con el fin de obtener conocimientos más a fondo de los mismos y así mediante pruebas de calidad seleccionar los más adecuados para la implementación.

La búsqueda y selección de programas a utilizar produjo una segunda investigación, la cual se basó en conocer la parte teórica del diseño a implementar.

Se investigaron los protocolos y estándares que están presentes en el funcionamiento de los procesos, esto con el fin de conocer más a fondo el trabajo que se iba a realizar y así poder tomar las mejores decisiones a la hora de resolver cualquier posible problema.

3.1.- Dimensionamiento

Se creó una lista de requerimientos técnicos mínimos necesarios del proyecto para procurar tenerlos para el momento de la instalación. La lista de requerimientos se llenó partiendo de la premisa de crear un Call Center que estuviese en la capacidad de manejar un tráfico con las siguientes características de diseño:

- a) Duración promedio de las llamadas a ser recibidas: **180 segundos.**
- b) Tiempo de recuperación del agente (retardo promedio): **20 segundos.**

- c) Número máximo de llamadas recibidas por hora: **150**.
- d) Calidad del servicio ofrecido: el **80%** de las llamadas deben de ser contestadas en menos de **20 segundos (80-20)**.

Las estimaciones para este proyecto fueron hechas por hora pico de trabajo en un día (el peor caso) y deben de ser interpoladas tomando en cuenta las campañas de mercadotecnia que la compañía quiera tomar en un momento dado.

La duración promedio de llamadas, el tiempo de recuperación del agente y el número máximo de llamadas a ser recibidas fueron basadas en estándares de negocios para el tipo de compañías que se busca satisfacer con este proyecto.

El criterio de calidad de servicio a ofrecer se estimó con el fin de cumplir las normativas vigentes de la NECC

En base a las características mostradas anteriormente se procedió calcular las siguientes variables:

3.1.1.- Número de agentes requeridos

Se estimó el número de agentes requeridos mediante el modelo de tráfico Erlang C, donde el agente representa el recurso a ser ocupado, haciendo la analogía del circuito para la telefonía PSTN. Para esto se utilizó la calculadora para *call center* llamada Ansapoint, disponible en la página Web: <http://www.ansapoint.com>. Dicho programa trabaja con el modelo de Erlang C basado en la teoría de tráfico telefónico. Dicha fórmula es útil para la elaboración de modelos de análisis de sistemas de telecomunicaciones que implican colas. Como tal, puede ser aplicada a la elaboración y análisis de centros de llamadas.

Con las características de nuestro diseño se obtuvo el siguiente resultado:

14 agentes a utilizar como valor máximo.

El resultado del cálculo realizado con el paquete *ansapoint* se muestra en los anexos

Las formulas utilizadas por el programa se muestran en el marco teórico.

3.1.2.- Numero de supervisores

Para preservar la calidad en el servicio que se desea ofrecer, se estableció la relación de un supervisor por cada cinco agentes activos, lo que da un máximo de 3 supervisores trabajando en conjunto. Esta relación asegura que los supervisores puedan realizar todas las actividades necesarias de monitoreo y administración.

3.1.3.- Número de líneas troncales

Esta parte del diseño estará basada en el modelo de tráfico Erlang B, el cual es pionero en la teoría de colas. Este número de líneas troncales serán las que permitirán conectar las llamadas provenientes de los usuarios de la PSTN al laboratorio de call center. Las entradas o condiciones para generar el modelo son:

a) Tráfico de la hora de mayor ocupación (Busy Hour Traffic): “Este número representa la cantidad de tráfico expresado en una unidad llamada Erlang. Para propósitos de estos cálculos, 1 Erlang puede ser considerado equivalente a una hora de llamada.”[14] La hora a utilizar para los cálculos será la de mayor tráfico. A continuación se muestra los valores obtenidos con las características de nuestro diseño:

$$\mathbf{BHT = \frac{(Duración\ promedio + Retardo\ Promedio)*Llamadas\ por\ hora}{3600}}$$

$$\mathbf{BHT = \frac{(180 + 20)*150}{3600}}$$

$$\mathbf{BHT = 8,333\ Erlangs}$$

b) Bloqueo (Blocking): “El número de bloqueo describe las llamadas que no se completan a causa de que no se ha equipado una cantidad suficiente de líneas.”[14] Un número de bloqueo deseado para nuestro diseño es de 0.03, el cual significa que 3% de las llamadas entrantes se bloquearían.

$$\mathbf{Blocking = 0.03}$$

Con los valores obtenidos se procedió a obtener el número de líneas troncales externas con el programa Erlang B calculador disponible en www.erlang.com

Número de troncales: 14

Para el laboratorio que se procede a implementar, se dispone de un máximo de 30 canales analógicos (1 E1) conectados a la central telefónica marca Alcatel de la compañía Anew, los cuales serán administrados para pruebas según las necesidades de las pruebas a realizar.

3.2.- Calculo de requerimientos de los equipos

3.2.1.- Requerimientos del servidor Asterisk

Para la selección del servidor de Asterisk se tomó como referencia la tabla expuesta en el Capítulo 2 del libro “Asterisk, the future of telephony”, en la cual se establecen los requerimientos de hardware en función del uso que se le va a dar al servidor de llamadas:

Propósito	Número de canales	Requerimientos Mínimos
Sistema de prueba	No más de 5	400 Mhz, 256 MB RAM
Sistema SOHO	5 a 10	1-Ghz , 512 MB RAM
Sistema para pequeños negocios	Hasta 15	3-Ghz , 1 GB RAM
Sistema mediano a grande	Más de 15	Procesadores duales, posible arquitectura distribuida en múltiples servidores

Tabla 2. Requerimientos del servidor de llamadas [15]

En la tabla anterior, nuestro sistema está ubicado en el propósito de pequeños negocios, lo cual se adapta a la disponibilidad de la compañía Anew debido a que para el presente laboratorio se dispuso de un equipo con las siguientes características:

- a) Procesador Pentium 4 de 3.2 Ghz
- b) Memoria RAM: 2 Ghz
- c) Disco duro: 160 GB

Se espera que el equipo rinda para la óptima utilización de Asterisk y los demás programas a ser integrados en el mismo.

3.2.2.- Requerimientos del ancho de banda digital

Debido a que el tráfico de voz en el laboratorio viaja a través de la red IP, el parámetro ancho de banda representa una variable que toma mucha importancia ya que puede afectar en gran medida la calidad de servicio. Factores como retardo, *jitter* y robotización de la voz serán tomados muy en cuenta a fin de calcular con mayor precisión el ancho de banda.

Teniendo ya identificado los protocolos a utilizar, una variable muy importante para calcular el ancho de banda que utiliza la voz IP es el codec de compresión. Asterisk soporta varios tipos de codecs de voz y tomando en cuenta el número de extensiones que se van a crear se puede obtener la primera aproximación de ancho de banda requerido. A continuación se muestra una tabla con los codecs que soporta Asterisk con sus respectivos consumos de ancho de banda:

Codec	Codec Speed	Sample Size (bytes)	Frame Relay (bps)	Frame Relay with cRTP (bps)	Ethernet (bps)	Ethernet with cRTP (bps)
G.711	64000	240	76267	66133	78933	68800
G.711	64000	160	82400	67200	86400	71200
G.726r32	32000	120	44267	34133	46933	36800
G.726r32	32000	80	50400	35200	54400	39200
G.726r24	24000	80	37800	26400	40800	29400
G.726r24	24000	60	42400	27200	46400	31200
G.726r16	16000	80	25200	17600	27200	19600
G.726r16	16000	40	34400	19200	38400	23200
G.728	16000	80	25200	17600	27200	19600
G.728	16000	40	34400	19200	38400	23200
G.729	8000	40	17200	9600	19200	11600
G.729	8000	20	26400	11200	30400	15200
G.723r63	6300	48	12338	7350	13650	8663
G.723r63	6300	24	18375	8400	21000	11025
G.723r53	5300	40	11395	6360	12720	7685
G.723r53	5300	20	17490	7420	20140	10070

Tabla 3. Guía de *Codecs* [16]

Para realizar los cálculos de ancho de banda se eligió el codec G.711 para calcular el peor caso, ya que con este resultado obtendríamos una solución que satisfaga los demás codecs.

Basándonos en las características de nuestro laboratorio procedimos a calcular una referencia del ancho de banda a utilizar con el programa “lines and VoIP bandwidth Calculator”. Se introdujeron los siguientes valores:

- a) Codec: G.711
- b) Duración del paquete: 20 milisegundos (160 muestras)
- c) Canales de voz: 14 agentes + 3 supervisores + 3 administradores = 20

RESULTADO: 1,6 Mbps Bw requerido.

Cabe mencionar que debido a que cesi la totalidad del tráfico de voz sobre IP se realizará en la red interna de Anew, es decir una red FastEthernet, la cual soporta hasta 100Mbps de transmisión de datos, el ancho de banda no debe generar mayor problema.

3.2.2.1.- Selección del codec de audio

En base al resultado obtenido se eligió el codec G.711 impulsado por las siguientes razones:

- a) A medida que el protocolo de compresión sea más efectivo con el ancho de banda, requerirá de un mayor consumo de procesador por parte de la central telefónica para poder realizar la grabación de las llamadas. Este aumento de ciclos de procesamiento sobre exigiría el servidor Asterisk seleccionado, lo cual no aseguraría su óptimo funcionamiento.

- b) Los protocolos de mayor compresión (como el caso del protocolo G.729) requieren de pagos de licencias para su uso, lo cual no cumple con el objetivo general del proyecto referenciado al software libre.
- c) Solo los agentes remotos necesitarán conectarse a la central por medio de un canal IP con ancho de banda limitado. Estos agentes representarán entre el 10% o 20% de los totales, por lo cual se estima que dicho tráfico no genere la congestión suficiente en la conexión de Asterisk con la WAN para afectar la calidad de servicio.

Se realizarán pruebas referentes a los usuarios remotos, debido a que su tráfico de voz si necesita pasar por la red WAN, donde el tema del ancho de banda si es más delicado e implica costos. Calculando el ancho de banda requerido para los agentes remotos con el programa “lines and VoIP bandwidth Calculador” se obtuvieron los siguientes resultados que serán utilizados como requisitos base de conexión:

- Máximo de agentes remotos: 3

Resultado: 240 Kbps necesarios en la salida del servidor Asterisk.

- Requerimiento para la red de conexión de 1 agente remoto:

Resultado: 80 Kbps mínimo.

3.2.3.- Selección de los equipos terminales

Para realizar las pruebas de laboratorio se buscó utilizar la mayor variedad de dispositivos telefónicos a fin de analizar los puntos a favor y los puntos en contra de cada uno de ellos y así también darle la mayor versatilidad posible a la solución a implementar. Los utilizados se detallan a continuación:

a) Softphone

Se utilizaron softphones que soportaran los protocolos de enlace de datos que maneja Asterisk como los son SIP e IAX2, que fueran versiones libres y que soportaran video llamada para futuras implementaciones. Los más apropiados para ser utilizados por los agentes por su fácil uso y alta calidad fueron:

- X-lite
- Zoiper

La configuración realizada en el *softphone* X-lite se muestra en el anexo 4.

b) Teléfonos Wi-Fi

Se seleccionó un teléfono Wi-Fi que soportara los protocolos con los que trabaja nuestro servidor de llamadas, esto con el fin de obtener una fácil integración que nos permita realizar las pruebas con los agentes remotos. A continuación las características del equipo:

- Marca: Planet Networking and Communication
- Modelo: VIP-190
- Protocolos soportados: SIP, 802.11b

c) Teléfonos analógicos

Para la conexión de teléfonos analógicos se necesita un adaptador ATA para hacer la traducción de las señales digitales y analógicas de forma bidireccional.

El teléfono analógico utilizado fue un teléfono convencional Alcatel, este fue conectado al equipo ATA con las siguientes características:

- Marca: AudioCodes
- Modelo: MP-112
- Número de puertos FXS: 2
- Protocolos soportados: MGCP, SIP y H.323

3.3.- Diseño

3.3.1.- Estructura administrativa del *Call Center*

Basándonos en la premisa de diseñar un call center en donde las interacciones con el cliente sean a través de llamadas entrantes, se creó una estructura corporativa para segmentar a los agentes en distintos departamentos. Esta estructura administrativa diseñada, no proviene de ningún estudio de mercadeo, ni de ningún esquema de una compañía específica, es simplemente un diseño creado para probar las funcionalidades de la PBX. La estructura corporativa simulada se muestra a continuación:

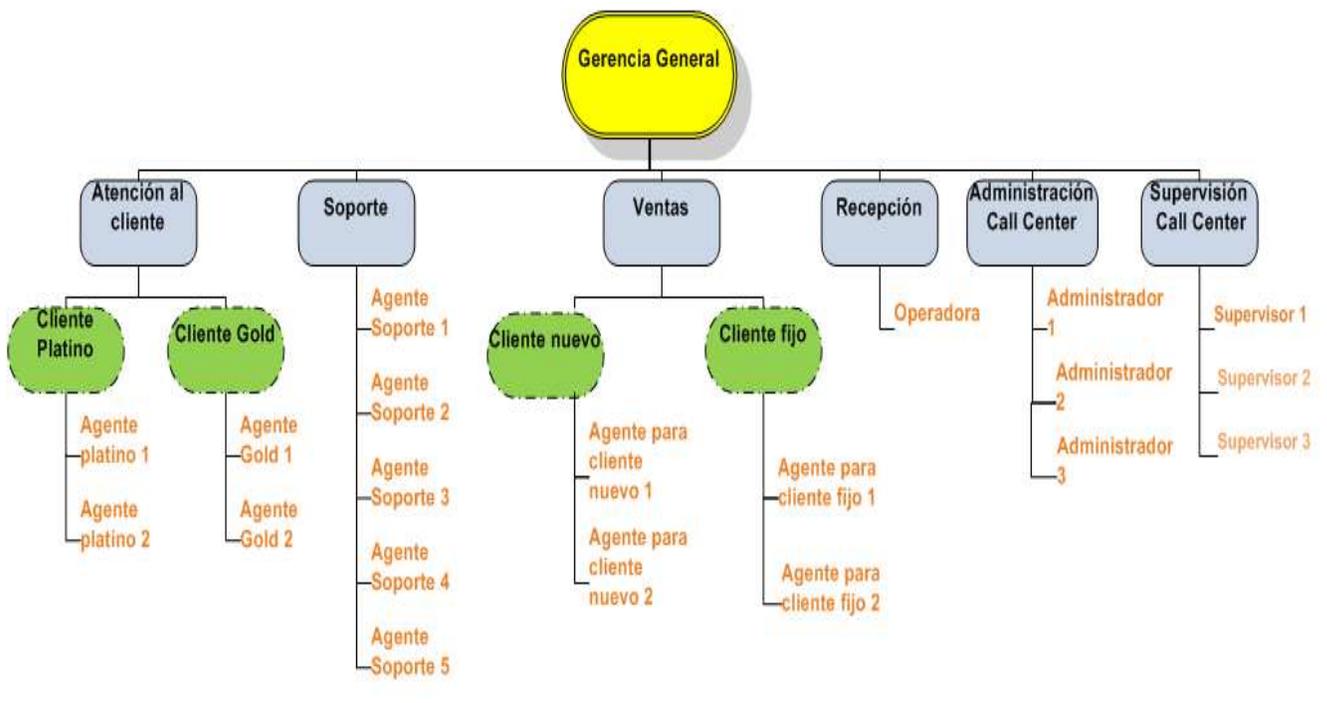


Figura 8. Estructura administrativa del *Call Center*

3.3.2.- Plan de llamadas (*Dial Plan*) para tráfico entrante

Cumpliendo con el diseño de la estructura administrativa descrita en el punto anterior, se creó un plan de llamadas para enrutar de la forma más eficiente posible, el tráfico de los clientes a los departamentos específicos.

El DialPlan en Asterisk es el corazón del enrutamiento. Como en todo softswitch, en el está definido como se manejan todas las interacciones entrantes y salientes. Consiste en una lista de instrucciones que la IP-PBX debe de seguir. Debido a lo complejo de sus procesos es muy adaptable, por lo cual luego de conocer muy bien sus bondades en la etapa de documentación, se utilizó para obtener la solución deseada con el principal fin de probar al máximo las herramientas que posee. Es configurado mayormente en el archivo *extensions.conf* y sus incluidos. Su desarrollo puede ser realizado por medio de una aplicación gráfica o por medio de comandos

estructurados por jerarquías de enrutamiento. Para el diseño gráfico se utilizó el programa “Visual Dailplan”, el cual nos permitió plasmar las características deseadas en una referencia visual que nos ayudará a implementar la solución. El diseño de nuestro plan de llamadas entrantes se muestra en la siguiente gráfica:

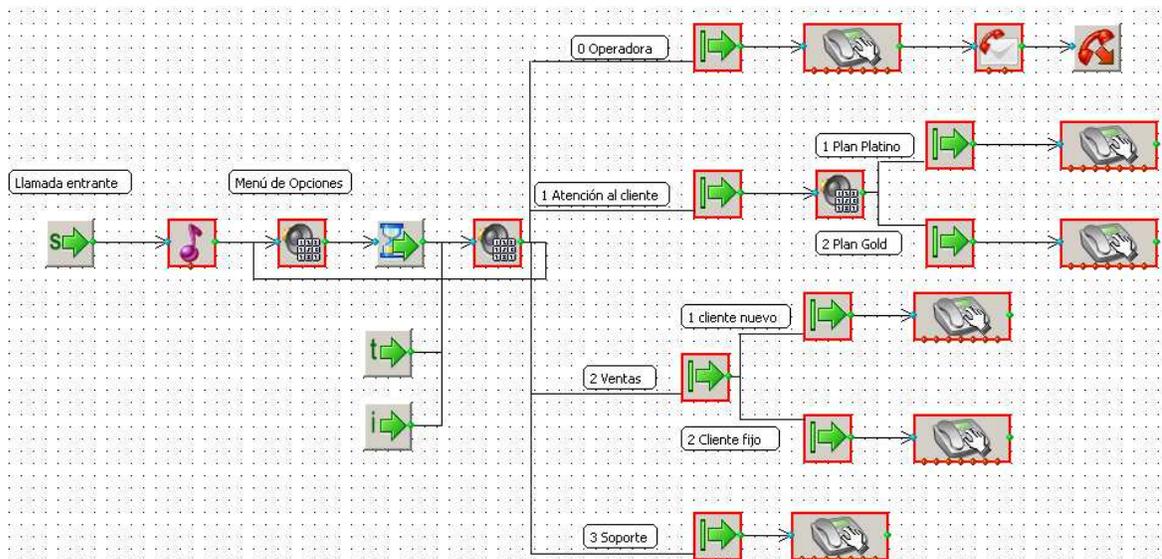


Figura 8. Diseño del plan de llamadas

Diseño del flujo de la llamada entrante:

1era etapa

La llamada realizada por el cliente entra al IVR con un mensaje de bienvenida: “*Gracias por llamarnos*”

2da etapa

Asterisk corrobora que la hora a la que se está realizando la llamada se encuentra en el horario establecido de oficina:

2.1 Si la hora a la que se está realizando la llamada no se encuentra entre las 8am y las 5 pm, la misma será desviada automáticamente al buzón de voz con el mensaje: “*lo siento, nuestro horario de atención al cliente es de ocho de la mañana a cinco de la tarde, por favor deje su mensaje*”

2.2 Si la hora se encuentra en el intervalo establecido, el usuario entrará al menú principal de opciones con el siguiente mensaje:

“Si desea comunicarse con:

- *Atención al cliente marque 1*
- *Departamento de Ventas marque 2*
- *Departamento de Soporte presione 3*
- *Si desea ser atendido por una operadora presione 0”*

2.2.1 Si el usuario **no marcó ninguna de las opciones**, en un tiempo de 4 segundos se repetirá el mensaje.

2.2.2 Si el usuario **marcó la opción 1** pasará al submenú de atención al cliente, donde será atendido con el siguiente mensaje: *“Si usted es cliente Platino presione 1, si es cliente Gold presione 2”*.

2.2.2.1 Si el usuario **marcó la opción 1** será enviado a la cola Plan Platino, la cual se detallará en la etapa de configuración del presente proyecto.

2.2.2.2 Si el usuario **marcó la opción 2** será enviado a la cola Plan Gold, la cual se detallará en la etapa de configuración del presente proyecto.

2.2.3 Si el usuario **marcó la opción 2** pasará al submenú de ventas, donde será atendido con el siguiente mensaje: *“Si usted es cliente nuevo presione 1, si es cliente fijo presione 2”*.

2.2.3.1 Si el usuario **marcó la opción 1** será enviado al grupo de llamadas de ventas cliente nuevo, la cual se detallará en la etapa de configuración del presente proyecto.

2.2.3.2 Si el usuario **marcó la opción 2** será enviado al grupo de llamadas de ventas cliente fijo, la cual se detallará en la etapa de configuración del presente proyecto.

2.2.4 Si el usuario **marcó la opción 3** pasará al departamento de soporte, donde ingresará a la cola de soporte, la cual será detallada en la etapa de configuración del presente proyecto.

2.2.5 Si el usuario **marcó la opción 4** la llamada será enviada a la cola de la operadora, la cual a los cinco minutos de espera desviará la llamada a su buzón de voz.

3.4.- Pre-instalación

Realizado ya el proceso de documentación de todos los módulos incluidos en el proyecto y habiendo dimensionado todas las características básicas del call center a desarrollar, se procedió a pre-configurar el servidor de Asterisk instalándole el sistema operativo Linux.

La distribución de Linux seleccionada para la instalación fue Centos (*Community ENTerprise Operating System*), la distribución libre con desarrollo Enterprise mas difundida. Este sistema operativo parte del código libre liberado por *Red Hat Enterprise*, el cual es compilado y desarrollado por *Centos Group* para generar Centos 5. Debido a su alta funcionabilidad con servidores es muy utilizado para trabajos derivados con Asterisk. Cabe destacar que Asterisk solo trabaja de manera estable con Linux ya que toma recursos y servicios del mismo para su óptimo funcionamiento.

Debido a lo expuesto anteriormente, el buen funcionamiento del sistema operativo será un punto a ser evaluado con detalle para corroborar que se haya realizado la mejor elección.

3.4.1.- Inclusión del servidor Asterisk en la red de Anew.

Para la inclusión del servidor en el dominio se tomaron las siguientes consideraciones:

- a) Deberá poseer una dirección IP estática, para poder ser alcanzable en todo momento por las extensiones telefónicas y por los administradores de red, a fin de no estar reconfigurando todos los equipos que en algún momento dado necesiten conectarse al servidor.
- b) Dicha dirección IP deberá de ser alcanzable por todos los usuarios de la red LAN de Anew para activar las extensiones telefónicas, por lo cual se procuró certificar que todos los firewalls y switches que gestionan la red ofrecieran una ruta de acceso al equipo.
- c) Asterisk debe de ser alcanzable por usuarios remotos mediante la red WAN, por lo cual se les deberá permitir el acceso restringido a la red LAN de Anew a usuarios previamente seleccionados, sin que esto ponga en peligro la seguridad de los demás equipos de la red.

Para cumplir con los requerimientos establecidos se plantearon dos posibles soluciones:

- a) Incluir el servidor en la red LAN con una dirección IP privada y estática para dar acceso a los agentes internos de la red. Para los agentes externos se procurará hacer una traducción NAT en el *Gateway* de la red. Esto con el fin de ofrecer una dirección pública de acceso a los agentes remotos que será traducida a la dirección privada de Asterisk.
- b) Asignarle al servidor una dirección IP pública y estática disponible a través del proveedor de servicios de Internet de Anew, la cual será accesible tanto por los usuarios de la red LAN como por los usuarios remotos. Se tomarán las precauciones de restringir el acceso de personas no deseadas desde el

servidor a la red de datos. La topología de la segunda solución se muestra a continuación:

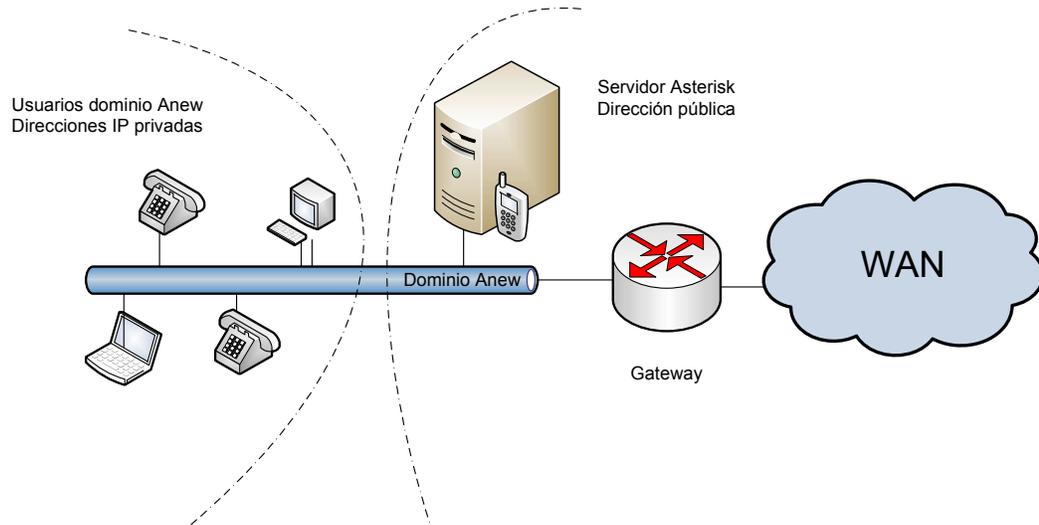


Figura 9. Conexión del servidor Asterisk en la red Anew

Debido a la simplicidad de la topología, se eligió para implementar la segunda solución y así evitar ingresar elementos extra en el canal de transmisión que puedan generar latencia en la transmisión y afectar la calidad de servicio.

3.4.2.- Conexión LAN-WAN

La conexión del servidor Asterisk con Internet se realizó a través de un nodo Frame Relay, el cual es provisto por MOVISTAR a la compañía Anew, esta conexión nos servirá para mantener una comunicación confiable y de alto rendimiento con los usuarios remotos.

El enlace *Frame Relay* llega al cuarto de servidores donde es recibido por el equipo Net link marca Patton electronics; este hace la traducción del mundo *Frame*

Relay al mundo Ethernet, luego envía la data hacia el puerto serial número 1 del router Cisco modelo 1841, el cual funciona de *Gateway* con la red WAN. El puerto *Fast-Ethernet* del router es el que provee de las direcciones públicas estáticas asignadas por MOVISTAR. Estas son suministradas a los equipos requeridos a través de un switch modelo IT-100 marca Emergecore de 4 puertos. El puerto 2 se le asignó al servidor de Asterisk, con su dirección pública respectiva. El diagrama de la red de interconexión se muestra a continuación:

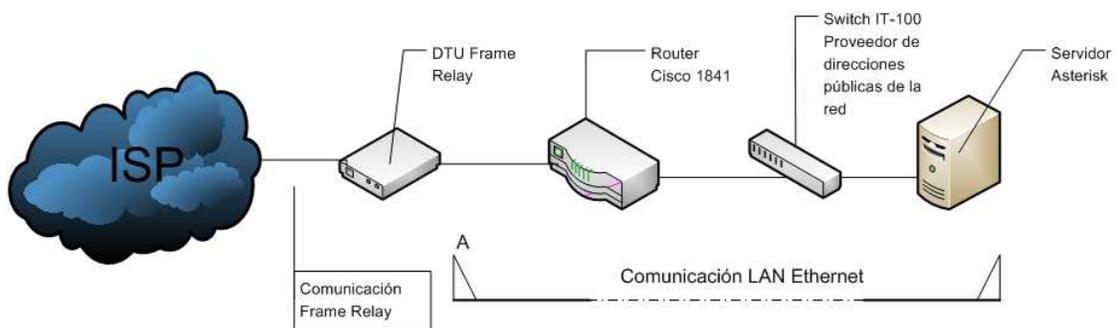


Figura 10. Diagrama de interconexión Asterisk-WAN

3.4.3.- Segmentación por VLAN's

Para mejorar la calidad del audio en el entorno LAN, se procedió a asociar a los equipos utilizados en el proyecto a la VLAN 10 de la red de Anew. La VLAN 10 llamada VOZ está especializada para equipos que solo manejen tráfico de voz, es por eso que en el switch donde se conectó el servidor Asterisk y en los switches donde se conectaron los computadores de pruebas y los equipos ATA fueron configurados para asociar las interfaces *fastethernet* utilizadas con la VLAN respectiva.

El proceso de marcación de tramas para el tratamiento de VLAN estaba preconfigurado en los equipos de la red con el protocolo libre 802.1Q.

Cabe destacar que debido a que el servidor Asterisk posee una dirección pública y los equipos de prueba poseen direcciones privadas, no se puede asociar al servidor a la VLAN voz. Se mantiene la premisa de mejora de la calidad de voz debido a que en comunicaciones SIP e IAX el servidor solo interviene en el enlace de la llamada, el tráfico de la conversación viaja directamente entre los terminales.

Los comandos utilizados en los switches marca **Alcatel**, modelo **Omniswitch 6602-24** fueron:

Show vlan (muestra el estatus de las vlan's creadas en el switch)

Vlan 10 port default 1/6 (asigna el Puerto fastethernet número 6 a la vlan 10)

Vlan 10 port default 1/8 (asigna el Puerto fastethernet número 8 a la vlan 10)

Vlan 10 port default 1/15 (asigna el Puerto fastethernet número 15 a la vlan 10)

Vlan 10 port default 1/16 (asigna el Puerto fastethernet número 16 a la vlan 10)

Vlan 10 port default 1/20 (asigna el Puerto fastethernet número 20 a la vlan 10)

Show vlan port

3.4.4.-Características físicas del cuarto de servidores

Se colocó el equipo Asterisk en el cuarto de servidores de la oficina de Anew para ofrecer el ambiente adecuado que genere su óptimo funcionamiento. Esto con el fin de mantener las siguientes variables en el intervalo adecuado:

- Temperatura ambiente.
- Humedad.
- Polvo.
- Seguridad física.

3.4.5.- Fuentes de alimentación eléctrica

Los sistemas de telefonía tradicional se caracterizan por tener una alta confiabilidad, siendo independientes de la alimentación eléctrica. Que este caso se trabaje con telefonía IP debe de ser transparente para el cliente. Se debe ofrecer la misma confiabilidad y mucho más cuando se va a prestar un servicio de atención al cliente como lo es un Call Center. Es por esto que se ha tomado la precaución de conectar el servidor de Asterisk a un sistema de alimentación interrumpida UPS, el cual está alimentado por el proveedor de electricidad para ofrecer al servidor 110v AC y así mantenerse en estado de carga completa. En caso de falta de alimentación el UPS conmuta automáticamente tomando el modo de alimentación a batería permitiendo un tiempo 107 minutos de autonomía.

Las características del alimentador son las siguientes:

- Marca: APC
- Modelo: Back-UPS.ES 750
- Tiempo de autonomía: 107 minutos a 55 w de potencia entregada

Se tiene en conocimiento que el sistema de alimentación implementado en el proyecto no garantiza una confiabilidad muy alta debido al tiempo de autonomía, sin embargo para las pruebas de laboratorio a realizar en el presente proyecto funciona de forma eficaz. En el capítulo de recomendaciones del presente trabajo se presentan posibles soluciones de alimentación más confiables.

Por razones de privacidad solicitadas por la compañía Anew e-Business Distribution, el cuarto de servidores no pudo ser fotografiado para ser expuesto en el presente proyecto. Para mostrar la distribución de los equipos utilizados en el cuarto de servidores se muestra la siguiente figura.

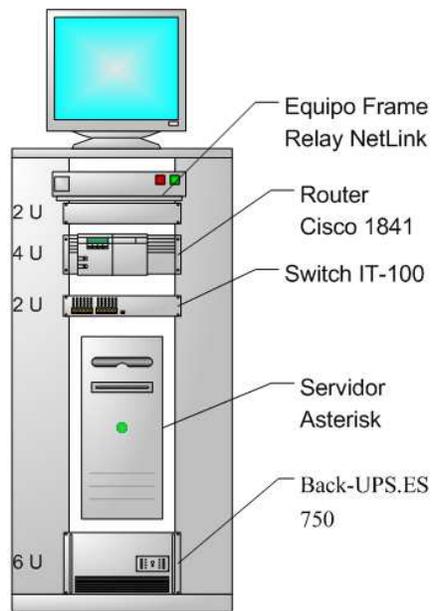


Figura 11. Distribución de los equipos utilizados en el cuarto de servidores

3.5.- Instalación

Para realizar la instalación de Asterisk se necesitó primero conocer sus componentes internos para saber los requisitos de la presente instalación y la secuencia de la misma, por lo cual a continuación se detalla más a fondo la arquitectura de su diseño:

3.5.1.- Instalación de Asterisk y sus complementos

Luego de haber cubierto los detalles básicos de su arquitectura se procedió a la instalación del software Asterisk:

Se descargó la última versión de Asterisk y los complementos necesarios para su instalación, los cuales provienen del ftp de Digium obtenidos con el comando

"wget". Dicho comando se ejecuta en el CLI de Centos y es propietario de Red Hat. Los archivos descargados fueron colocados en el directorio **/usr/src** por normas de instalación.

Los comandos ejecutados fueron:

```
# wget --passive-ftp ftp.digium.com/pub/libpri/libpri-*.tar.gz
# wget --passive-ftp ftp.digium.com/pub/zaptel/zaptel-*.tar.gz
# wget --passive-ftp ftp.digium.com/pub/asterisk/asterisk-sounds-*.tar.gz
# wget --passive-ftp ftp.digium.com/pub/asterisk/asterisk-1-*.tar.gz
```

El paso siguiente fue descomprimirlos y colocarlos en sus respectivos directorios mediante los comandos:

```
# tar zxvf zaptel-*.tar.gz
# tar zxvf libpri-*.tar.gz
# tar zxvf asterisk-sounds-*.tar.gz
# tar zxvf asterisk-1-*.tar.gz
```

Por último se procedió a compilar cada uno de los módulos con la siguiente secuencia:

Zaptel:

```
#cd/usr/src/zaptel1.4
#make clean
#make
#make install
```

Libpri:

```
# cd/usr/src/libpri1.4  
#make clean  
#make  
#make install
```

Asterisk sounds:

```
# cd/usr/src/addons1.6  
#make clean  
#make  
#make install
```

Asterisk:

```
# cd/usr/src/asterisk1.4  
#make clean  
#make  
#make install  
#make samples
```

La instalación de Asterisk y sus complementos no fue diferente a las de los otros programas de código libre en Linux si se tiene presente los pre-requisitos necesarios y el orden de instalación.

Las versiones de los programas utilizados fueron:

- Asterisk 1.4
- Zaptel 1.4
- Libpri 1.4
- Addons 1.6

3.5.2.- Configuración de red del servidor de llamadas

Conforme a las características de diseño mostradas anteriormente, se procedió a aplicar la configuración de red del equipo en cuestión. Utilizando el comando *netconfig* se introdujeron los siguientes datos:

- Dirección IP
- Mascara de Subred
- Default Gateway
- Servidor DNS

La siguiente figura muestra las capas de interacción entre Asterisk y el Kernel de Linux con respecto al control de hardware:

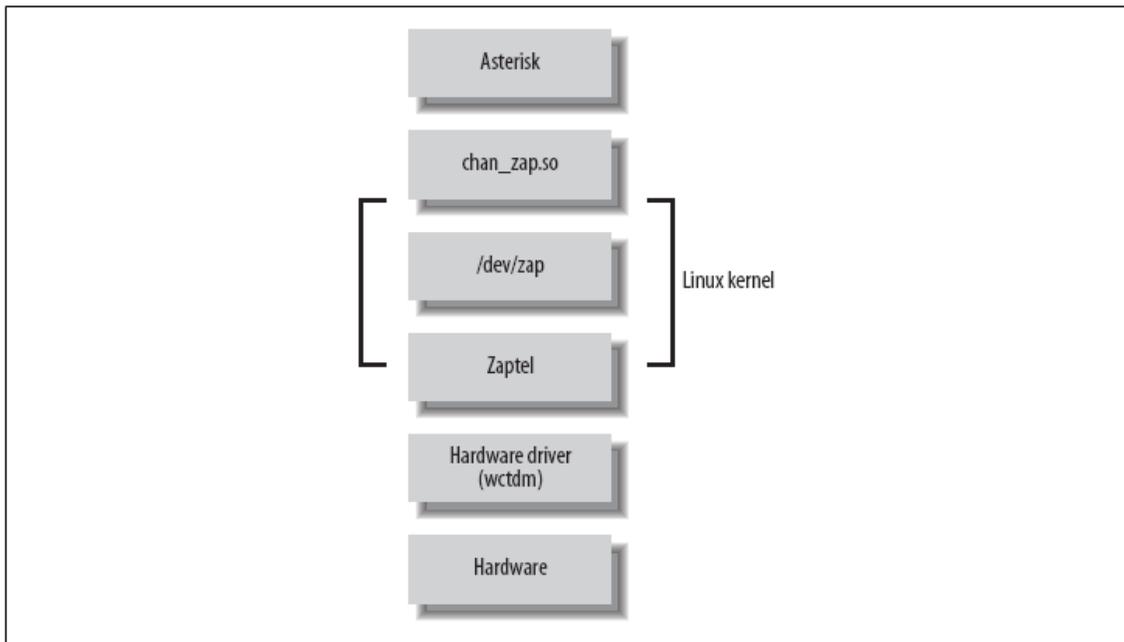


Figura 12. Interacción Asterisk-Kernel

Para el presente proyecto se plantearon una variedad de objetivos específicos basados en el software gestor de Call Centers llamado Altitude. Dicho software licenciado no pudo ser adquirido por la empresa Anew e-Business Distribution por problemas gubernamentales de importación. Para cumplir con la totalidad de los objetivos del trabajo se optó por suplantar el paquete de software de Altitude por el paquete de software Trixbox. Este programa cumple con todas las características necesarias para culminar de manera satisfactoria el presente proyecto.

3.5.3.- Instalación de TrixBox

Asterisk instalado solo como servidor de llamadas no ofrece todos sus beneficios de una forma accesible para las personas que deseen administrarlo, debido a que la única interfaz disponible al usuario es el CLI (*Comand Line Interface*). Si bien esta interfaz de comandos ofrece un total control de la herramienta y es de vital importancia para configuraciones avanzadas, actividades repetitivas como la creación de extensiones, cambios de contraseñas y modificaciones macro en los perfiles resultan tediosas mediante esta vía. Es por eso que al servidor de llamadas se le procedió a instalar el software Trixbox para su gestionamiento.

Trixbox es una herramienta diseñada para trabajar únicamente con Asterisk. Está compuesta de distintos módulos que facilitan toda la gerencia de la PBX y de sus interacciones con programas externos. Todo esto se realiza a través de una amigable interfaz web accesible de forma remota al servidor. Cabe destacar que el programa posee licenciamiento GNU.

La descarga e instalación se procede a realizar de la misma forma en la que se han descargado los demás programas en ambiente Linux. La instalación fue bastante amigable y no generó mayor dificultad.

Los módulos que incluye el sistema Trixbox utilizados en el presente proyecto son:

- a) Free-PBX
- b) MySQL
- c) CDR Report
- d) Web Meet Me Control
- e) Flash Operator Panel

Para acceder al programa Trixbox desde cualquier PC perteneciente al dominio del servidor, se tecleó desde un explorador WEB la dirección IP del equipo en cuestión, e ingresando el nombre de usuario y la contraseña del administrador se desplegó las características de funcionamiento del sistema, detallando datos como:

- a) Características del dispositivo de red.
- b) Estatus de los programas del servidor
- c) Estatus de la memoria del equipo
- d) Estatus de las extensiones.

En el anexo 5 se muestra la interfaz de administrador de Trixbox

Una vez integrados los dos productos, se puede alternar el uso de las dos interfaces según sea la tarea a realizar y así obtener un óptimo funcionamiento de la herramienta.

3.6.- Configuración

Las herramientas por si solas no construyen los rascacielos, ni un carro mal entonado gana una carrera. Es por eso que se procedió a aplicar una óptima configuración de los instrumentos para lograr la mejor solución posible.

Para cada etapa de la configuración se seleccionó la interfaz más adecuada para la realización de dicha tarea; esto con el fin de tener el máximo control de Asterisk sin tener que utilizar comandos de forma excesiva, monótona e improductiva.

Las actividades que necesitaron un tratamiento específico como lo son definir las rutas troncales y la creación de las extensiones, se configuraron a través de la línea de comandos. Las labores más extensas como lo son la creación de: Colas, IVR y Grupos de llamadas se realizaron a través de la interfaz gráfica de la integración Trixbox llamada FreePBX.

3.6.1.- Configuración por línea de comandos (CLI)

La configuración por línea de comandos se realizó en el servidor, utilizando comandos mixtos de Linux y Asterisk para así desplazarse por las carpetas y modificar los archivos requeridos.

Los principales archivos a utilizar se encuentran en las siguientes rutas del servidor:

- */etc/asterisk* (contiene los archivos para realizar las configuraciones del plan de llamada y de las extensiones)
- */var/www/html/panel* (contiene los archivos de configuración del FOP)

- */etc/* (contiene los archivos de configuración de asterisk en general)
- */var/log/asterisk* (contiene los Logs para detección de fallas)

A continuación se detalla el trabajo realizado:

3.6.1.1.- Interconexión Asterisk-PSTN

En el momento en que se estableció las posibles características de diseño para el laboratorio, uno de los puntos previamente definidos fue tomar como principal forma de interconexión del Call Center con la red PSTN las tarjetas Digium. Dichas tarjetas al ser instaladas en el servidor de Asterisk permiten la interconexión con la PSTN a través de líneas analógicas o líneas digitales (T1/E1) según sea el modelo.

Debido a problemas nacionales de importación relacionados con CADIVI no se pudo realizar la adquisición de la tarjeta E1 para el laboratorio, lo que convirtió en un nuevo reto permitir las interacciones del Call Center con los usuarios de la PSTN.

Para buscar una solución al problema antes planteado, se buscó realizar la interconexión con la red pública a través de la PBX de la compañía. Dicha PBX posee las siguientes características:

Marca: Alcatel

Modelo: OXE

Release: 7

Luego de investigar acerca de las formas de interconexión, se determinó que la mejor forma de comunicar las dos centrales era a través de troncales SIP, por las siguientes razones:

- La PBX Alcatel a pesar de trabajar con protocolos propietarios, soporta el protocolo SIP sin alteraciones, obteniendo así una perfecta comunicación basándose en estándares abiertos.
- Debido a que la PBX Alcatel se encuentra en el mismo dominio de la red de Anew, se puede manejar todo el tráfico de señalización y de voz entre centrales sin disminuir la calidad de servicio por problemas de ancho de banda anteriormente explicados.
- Es una forma de interconexión soportada por Asterisk eficientemente.
- A pesar de cambiar la topología física del diseño, no cambia los objetivos específicos del mismo y es totalmente transparente para los usuarios que realicen llamadas desde la PSTN.
- No genera ningún costo adicional al proyecto.

La topología física final de conexión se muestra en la siguiente gráfica:

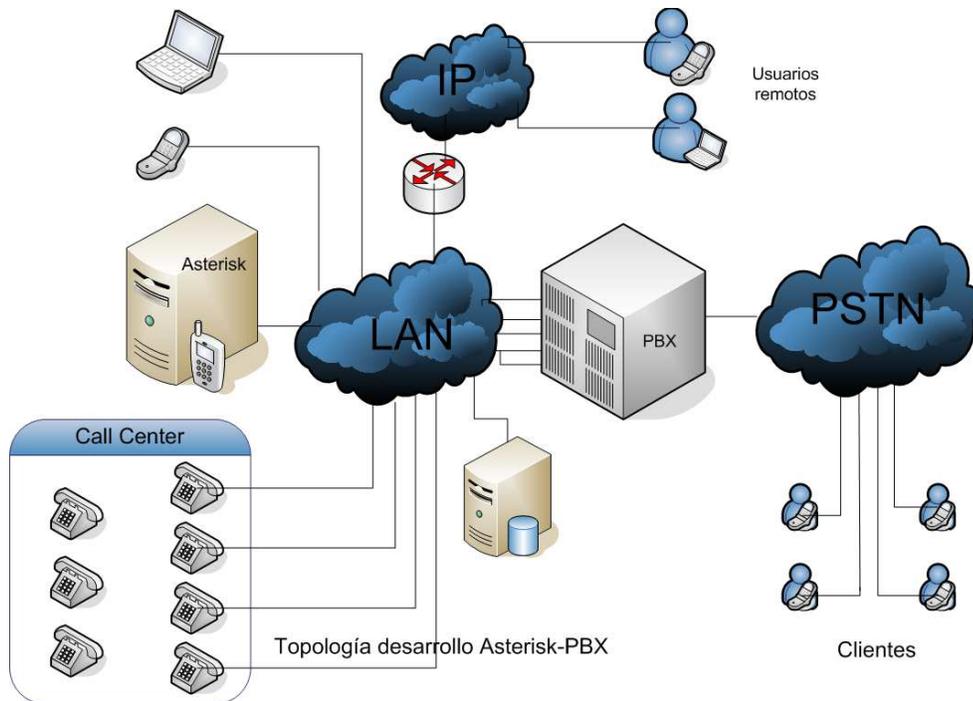


Figura 13. Topología del *Call Center*

a) Asterisk → PSTN

Para permitir el tráfico de voz desde Asterisk hacia la PSTN se habilitó un grupo de extensiones SIP en la PBX OXE, la cual será utilizada por nuestro servidor de llamadas como troncal saliente. Las características de las extensiones se muestran a continuación:

- User ID's: 710 al 715
- Password:1234
- Dir IP de la PBX Alcatel: 10.0.7.240

Las configuraciones realizadas en Asterisk fueron:

En el archivo *extensions.conf* ubicado en el directorio */etc/asterisk*, que se utiliza para establecer las características de interconexiones del plan de llamada, se procedió a configurar la ruta del tráfico saliente a la PSTN utilizando como método de enrutamiento la selección de las llamadas con el siguiente formato:

9XXXXXXXX (prefijo 9 seguido de 7 dígitos comprendidos entre el cero y el nueve)

La configuración aplicada para cada una de las extensiones fue la siguiente:

Extensions.conf:

exten=710,1,Dial(SIP/extension)

exten=_9XXXXXXXX.,1,Dial(SIP/OXE/\${EXTEN})

exten=_9XXXXXXXX.,1,Dial(SIP/OXE/\${EXTEN})

En el archivo *sip.conf* ubicado en el directorio */etc/asterisk*, se configuró las características de registro de Asterisk en la central Alcatel a través de troncales SIP, esto con el fin de mantener en todo momento la comunicación entre las centrales y crear el canal de salida hacia la PSTN.

La configuración aplicada fue la siguiente:

Sip.conf:

[general]

register=710:1234@10.0.7.240/USERID

[710]

type=friend

username=710

secret=1234

fromuser=710

host=10.0.7.240

dtmfmode=rfc2833

fromdomain=10.0.7.240

context=default

insecure=very

b) PSTN → Asterisk

Para el caso de llamadas entrantes, se realizó una configuración previa en la central Alcatel con el fin de direccionar en formato SIP, todas las llamadas provenientes de la línea de prueba (**9081800**) hacia Asterisk.

Para nuestra IP-PBX se configuró el sistema de forma tal que todas las llamadas entrantes fueran destinadas al IVR de Asterisk, por razones de diseño

explicadas en el plan de llamadas del presente trabajo. La configuración realizada se muestra a continuación:

Sip.conf:

[9081800]

type=friend

username=9081800

context=default

Extensions.conf:

[default]

exten=9081800,1,Dial(SIP/501) ; (donde 501 es la extensión del IVR)

3.6.1.2.- Diseño de las Extensiones

Para el diseño de las extensiones se tomó en cuenta el tipo de usuario que dispondrá del servicio, para así ofrecer características personalizadas de comunicaciones. En la siguiente tabla se muestran los tipos de usuarios y las permisologías que poseen:

Tipo de Usuario	Número de usuarios	Llamadas entrantes	Llamadas Salientes	Desvío de llamadas	Buzón de Voz	Conferencia	Videollamada	Protocolo	Grabación llamada entrante	Grabación llamada saliente
Agente de ventas	4	Permitir	Solo internas	Solo internas	No posee	Permitir	No permitir	SIP	Siempre	Siempre
Agente de atención al cliente	4	Permitir	Solo internas	Solo internas	No posee	Permitir	No permitir	SIP	Siempre	Siempre
Operadora	1	Permitir	Solo internas	Solo internas	Posee	Permitir	No permitir	SIP	Siempre	Siempre
Agente de Soporte Remoto	3	Permitir	Solo internas	Solo internas	No posee	Permitir	No permitir	IAX2	Bajo demanda	Bajo demanda
Agente de Soporte	2	Permitir	Solo internas	Solo internas	No posee	Permitir	No permitir	SIP	Bajo demanda	Bajo demanda
Supervisor	3	Permitir	Internas, externas	Internas, externas	Posee	Permitir	Permitir	SIP	Nunca	Nunca
Administrador	3	Permitir	Internas, externas	Internas, externas	Posee	Permitir	Permitir	SIP	Nunca	Nunca

Tabla 4. Gestión de usuarios para restricciones de acceso

3.6.1.2.- Formato de configuración de las extensiones

a) Extensiones SIP

Para la creación de las extensiones se tienen que modificar los archivos de configuración SIP.conf y extensions.conf con sus formatos específicos.

SIP.conf: este archivo plano posee todas las características del usuario, representa su hoja de vida y es el archivo básico utilizado para configurar sus derechos de comunicaciones. El formato de configuración se muestra detalladamente a continuación:

[Número de extensión]

type=user/peer/friend (define las perisologías de comunicación, ya sea hacer llamadas, recibir llamadas o ambas)

secret= XXX (contraseña o clave de autenticación, es utilizada en la extensión física o en el softphone a la hora de configurarla)

record_out=allways/never/Adhoc (autoriza la grabación de llamadas salientes, puede ser siempre, nunca o bajo demanda del supervisor)

record_in=allways/never/Adhoc (autoriza la grabación de llamadas salientes, puede ser siempre, nunca o bajo demanda del supervisor)

qualify= yes/no <tiempo> (chequear el estado de la conexión, ya sea conectado o desconectado; tiempo en milisegundos)

port=5060 (Puerto de TCP/IP, para SIP 5060 es el default)

nat=si/no (si la extensión para por un proceso de traducción NAT)

host=dynamic/dir.ip (dirección IP de la extensión, dinámica o estática definida)

dtmfmode=rfc2833 (si posee reconocimiento DTMF)

dial=SIP/200 (resumen de extensión)

context=from-XXX (contexto al que pertenece la extensión, solo podrá comunicarse en este a menos que sea incluido en otros)

canreinvite=no (único del protocolo SIP, el cual tiene la capacidad de conectar las extensiones despues de conectar la llamada)

callgroup= (permite la opción de contestar llamadas desde otras extensiones)

callerid=device <200> (característica del caller id de la extensión)

disallow=all (allow/disallow= especifica los codecs que son permitidos, definidos por el administrador)

allow=ulaw/g.723/g.729...

include= (especifica los grupos de llamadas a los que se puede conectar la extensión)

Extensions.conf: como se mencionó anteriormente, este archivo es el principal colaborador en el enrutamiento del tráfico de llamadas, por lo que indudablemente se necesitó configurar para la creación de las extensiones. A continuación el formato de configuración del presente archivo:

[From-internal] (Contexto o grupo de llamadas al que pertenece la extensión)

GotoIfTime(09:00-17:00|Mon-Fri|*|*?<o0>) (restringe el acceso de llamada a horario de oficina, en caso contrario desviará la llamada directamente a la acción 102 que es el buzón de voz)

exten=201,1,Dial(SIP/201,20) (la llamada hacia la extensión 201 debe de ser enrutada vía SIP al usuario 201, luego de enlazar la llamada si no es contestada en 20 segundos para a la prioridad 2)

exten=201,2,Voicemail(u201) (la llamada es transferida al buzón de voz de la extensión y se le notifica al usuario por medio del mensaje un XXX)

exten=201,102,Voicemail(b201) (si al tratar de conectar la llamada, la extensión se encuentra ocupada se pasa automáticamente a la prioridad 101+n que para este caso es 102 la cual envía al usuario al buzón de voz de la extensión 201 y se le notifica al usuario con el mensaje busy que refiere que la extensión está ocupada)

exten=201,103,Hangup (luego de realizar la acción anterior procede a pasar a la prioridad 101+n que en este caso es la 103, que procede a colgar la llamada)

b) Extensiones IAX2

Para la creación de las extensiones se tienen que modificar los archivos de configuración IAX.conf y extensions.conf con sus formatos específicos.

IAX.conf: este archivo plano posee todas las características del usuario, la configuración del mismo se realiza de forma muy similar a la del archivo SIP.conf. A continuación se muestra el formato de configuración:

[Número de extensión]

type=user/peer/friend (define las perisologías de comunicación, ya sea hacer llamadas, recibir llamadas o ambas)

secret= XXX (contraseña o clave de autenticación, es utilizada en la extensión física o en el softphone a la hora de configurarla)

record_out=allways/never/Adhoc (autoriza la grabación de llamadas salientes, puede ser siempre, nunca o bajo demanda del supervisor)

record_in=allways/never/Adhoc (autoriza la grabación de llamadas salientes, puede ser siempre, nunca o bajo demanda del supervisor)

qualify= yes/no <tiempo> (chequear el estado de la conexión, ya sea conectado o desconectado; tiempo en milisegundos)

port=4569 (Puerto de TCP/IP, para IAX2 el 4569 es el default)

nat=si/no (si la extensión para por un proceso de traducción NAT)

mailbox=401@device (configuración del dispositivo para soportar buzón de voz)

host=dynamic/dir.ip (dirección IP de la extensión, dinámica o estática definida)

dtmfmode=rfc2833 (si posee reconocimiento DTMF)

dial=IAX2/401 (resumen de extensión)

context=from-XXX (contexto al que pertenece la extensión, solo podrá comunicarse en este a menos que sea incluido en otros)

callerid=device <401> (característica del caller id de la extensión)

tos: lowdelay/throughput/reliability/mincost/none (utilizado para establecer criterios de enrutamiento)

disallow=all (allow/disallow= especifica los codecs que son permitidos, definidos por el administrador)

allow=ulaw/g.723/g.729...

include= (especifica los grupos de llamadas a los que se puede conectar la extensión)

Extensions.conf: su configuración es muy similar a la utilizada en las extensiones SIP, con la única diferencia que se define como canal de comunicación el protocolo IAX. El formato es el siguiente:

[From-internal] (Contexto o grupo de llamadas al que pertenece la extensión)

GotoIfTime(09:00-17:00|Mon-Fri|*|*?<o0>) (restringe el acceso de llamada a horario de oficina, en caso contrario desviará la llamada directamente a la acción 102 que es el buzón de voz)

exten=201,1,Dial(IAX/201,20) (la llamada hacia la extensión 201 debe de ser enrutada vía IAX al usuario 201, luego de enlazar la llamada si no es contestada en 20 segundos para a la prioridad 2)

exten=201,2,Voicemail(u201) (la llamada es transferida al buzón de voz de la extensión y se le notifica al usuario por medio del mensaje un XXX)

exten=201,102,Voicemail(b201) (si al tratar de conectar la llamada, la extensión se encuentra ocupada se pasa automáticamente a la prioridad 101+n que para este caso es 102 la cual envía al usuario al buzón de voz de la extensión 201 y se le notifica al usuario con el mensaje busy que refiere que la extensión está ocupada)

exten=201,103,Hangup (luego de realizar la acción anterior procede a pasar a la prioridad 101+n que en este caso es la 103, que procede a colgar la llamada)

3.6.1.4.- Creación de las extensiones

Luego de conocer el formato de configuración de extensiones SIP, se procedió a la creación de las mismas en función de sus características mostradas en la tabla 4.

a) Agente:

Estas extensiones fueron creadas en el intervalo 201-299, de forma creciente empezando por la extensión 201. Con respecto a las configuraciones existen dos tipos de agentes:

- Agente de ventas: por medidas de seguridad se realiza la grabación total de las llamadas para usos legales y comerciales, su contexto en sip.conf se configura de la siguiente forma:

```
[206]  
type=friend  
secret=206  
record_out=Allways  
record_in=Allways  
qualify=yes 200  
port=5060  
nat=no  
host=dynamic  
dtmfmode=rfc2833  
dial=SIP/201  
context=from-internal  
canreinvite=no  
callgroup=  
callerid=device <206>  
include=fron-pstn  
disallow=all  
allow=ulaw  
allow=gsm  
allow=g.723
```

- Agente común: Incluye a los agentes de los departamentos de soporte, atención al cliente y a la operadora. La única variación que posee con respecto al modelo anterior se encuentra las grabaciones de las llamadas, las cuales se realizarán

bajo demanda del supervisor de forma aleatoria para evaluar la calidad del trabajo del agente. A continuación una configuración modelo:

```
[203]  
type=friend  
secret=203  
record_out=Adhoc  
record_in=Adhoc  
qualify=yes 200  
port=5060  
nat=no  
host=dynamic  
dtmfmode=rfc2833  
dial=SIP/203  
context=from-internal  
canreinvite=no  
callgroup=  
callerid=device <203>  
include=fron-pstn  
disallow=all  
allow=ulaw  
allow=gsm  
allow=g.723
```

- b) Supervisor: Estas extensiones fueron creadas en el intervalo 301-399, de forma creciente empezando por la extensión 301. No presentan servicios de grabación y tienen la posibilidad de realizar llamadas externas. Su configuración a continuación:

```
[301]
type=friend
secret=301
record_out=Never
record_in=Never
qualify=yes 200
port=5060
nat=no
mailbox=301@device
host=dynamic
dtmfmode=rfc2833
dial=SIP/301
context=from-internal
canreinvite=no
callgroup=
callerid=device <301>
include=fron-pstn
include=to-pstn
disallow=all
allow=ulaw
allow=gsm
allow=g.723
```

- c) Administrador: Estas extensiones fueron creadas en el intervalo 401-499, de forma creciente empezando por la extensión 401. La configuración aplicada obedece a la desarrollada para el Administrador, detallada en el punto 3.6.1.2
- d) Agentes remotos: El protocolo de voz sobre IP Inter-Asterisk eXchange (IAX) tiene la capacidad de combinar voz y datos a través de redes dispares, lo que permite la integración avanzada de la información con sitios remotos. Es por

esto que se utilizó este protocolo para conectar a los agentes externos a la red de Anew.

```
[210]
type=friend
secret=210
record_out=Never
record_in=Never
qualify=yes 200
port=4569
nat=no
mailbox=401@device
host=dynamic
dtmfmode=rfc2833
dial=IAX2/210
context=from-internal
callerid=device <210>
tos= lowdelay
include=fron-pstn
include=to-pstn
disallow=all
allow=ulaw
allow=gsm
allow=g.723
```

3.6.2.- Configuración por medio de interfaz gráfica (GUI)

Para realizar estas configuraciones se utilizó el programa Free-PBX. Este software es una herramienta que se fusiona con Asterisk con el fin de ofrecer una

interfaz gráfica que permita manipular la PBX de forma más amigable. Esta aplicación le da un valor agregado a toda la implementación, ya que permite que personas con un menor grado de conocimiento de Asterisk puedan administrarla y hacer cambios de configuraciones básicas sin la dependencia de un especialista técnico. A medida que se va utilizando Free-PBX, el programa va creando los códigos necesarios de forma interna en Asterisk para hacer posible la solución.

Las configuraciones realizadas mediante Free-PBX se muestran de forma detallada a continuación:

3.6.2.1.- Creación de IVR

El IVR es la primera etapa de atención al cliente que posee el presente call center, se diseñó en primera instancia para darle la bienvenida al cliente.

Esta Contestadora inteligente tiene la capacidad de hacer pasar a las llamadas destinadas a los agentes del Call Center por un proceso de selección, con el fin de enrutarlas a los agentes según sea las necesidades del cliente. Este tipo de enrutamiento se conoce como enrutamiento basado en habilidades y tiene el principal fin de segmentar a los agentes por medio de sus conocimientos especializados en departamentos específicos de la compañía.

Se configuró atendiendo a las características de nuestro Dial Plan, permitiéndole a los clientes pasearse por las opciones del mismo utilizando el reconocimiento de tonos DTMF que posee el IVR. Mediante estas características el usuario puede encontrar el departamento específico con el que se quiere comunicar.

Como condición de diseño se estableció un máximo de tres intentos erróneos en la marcación de tonos antes de terminar la llamada contabilizando también las ausencias de marcación.

Se le aplicó criterio de horario (time conditions), desviando las llamadas generadas fuera de horario de oficina al buzón de voz.

Para la grabación de los prompts del IVR, se utilizó el programa de grabación de sonido de Windows, para que fuera compatible con Asterisk, se guardaron los archivos de audio con el siguiente formato:

- Formato: PCM 8000Khz
- Calidad:16 Bits, Mono
- Extensión del archivo: .wav

Cabe destacar que el IVR no ejecuta todas las tareas del plan de llamada, dependiendo de la configuración, él tiene la tarea de entregar las llamadas a otros sistemas de enrutamiento que se encargarán de llevarlas hasta la extensión del agente basándose en características de diseño detalladas a continuación.

3.6.2.2.- Creación de Colas

Tomando en cuenta el tráfico esperado en cada departamento, se agregaron cantidades específicas de extensiones esperando satisfacer las posibles llamadas sucesivas. Para distribuir las llamadas de forma eficaz, el IVR las entrega a la cola determinada, la cual, tomando el orden de llegada las transferirá a las extensiones que se encuentren disponibles multiplexando a los agentes con el criterio de *Round Robin*. Este criterio primero corrobora las extensiones libres y entre esos agentes selecciona al que tiene más tiempo desocupado para utilizarlo como destino, de esta forma se distribuye la carga de trabajo equitativamente.

Las colas creadas fueron las siguientes:

a) Cola Plan Platino:

- Posee 2 agentes
- Posee música en espera.
- Tiempo máximo antes de colgar la llamada: 4 minutos.
- Máximo número de llamadas que maneja: 10.

b) Cola Plan Gold:

- - Posee 2 agentes
- Posee música en espera tipo default.
- Tiempo máximo antes de colgar la llamada: 4 minutos.
- Máximo número de llamadas que maneja: 10.

c) Cola de Soporte:

- Posee 5 agentes.
- Posee música en espera.
- Tiempo máximo antes de colgar la llamada: 9 minutos.
- Máximo número de llamadas que maneja: 10.

3.6.2.3.- Creación de Grupos de llamadas

Los grupos de llamadas se utilizan para unir extensiones de forma que las llamadas entrantes repiquen en todas las extensiones asociadas a la vez pero solo será tomada por el primero en contestar. Se crearon en el departamento de ventas con el fin de motivar la sana competencia, por ser esta un área que posee beneficios económicos por adquirir nuevos clientes. Los grupos de llamadas son:

- a) Ventas cliente nuevo:
 - Posee 2 agentes
 - Tiempo máximo antes de colgar la llamada: 3 minutos.
 - Posee música en espera.

- b) Ventas cliente fijo:
 - Posee 2 agentes
 - Tiempo máximo antes de enviar la llamada al buzón de voz: 3 minutos.
 - Posee música en espera.

3.6.2.4.- Configuración del Buzón de voz

Esta configuración solo se le realizó a las extensiones especificadas en la tabla 4.

Los equipos terminales, ya sean teléfonos SIP o *softphones* tienen la capacidad de reconocer mensajes nuevos en el buzón de voz y de generar una notificación en la interfaz de usuario. Para darle versatilidad al diseño del presente proyecto, se les configuraron a los usuarios de las extensiones, dos formas de chequear los mensajes de voz:

- a) Llamada al buzón de voz: Con solo marcar desde su extensión la tecla * seguido del número de la extensión e ingresar su clave, se accede al buzón de voz. Asterisk trae pre-configurado un sistema de IVR para buzón de voz el cual es de muy fácil uso por lo cual no se modificó. Entre las características más resaltantes del servicio se encuentran:

Cambio de contraseña

Cambio de saludo al buzón de voz

Almacenamiento de mensajes escuchados

- b) Buzón de voz al correo electrónico: Asterisk tiene la opción de enviar los mensajes de voz adjuntos en correos electrónicos con un formato específico a las direcciones de los usuarios de la PBX. Esto se realizó con la integración de un servidor de correo que satisficiera las necesidades de envío. Se crearon las cuentas necesarias en el servidor de correos que posee la compañía Anew como primer paso, en el programa Free-PBX se asignaron las direcciones de correo a las extensiones específicas y se agregó el servidor de correo por medio del dominio y la dirección IP del mismo. El anexo 6 muestra un correo electrónico enviado por medio del proceso nombrado:

3.7.-Configuración de aplicaciones

3.7.1.- *Flash Operator Panel (FOP)* para administradores del sistema

Esta herramienta solo es accesible por los administradores y fue agregada para permitir tener una visión en tiempo real de las interacciones del Call Center. Es la interfaz de usuario de los administradores y permite chequear las características de los sistemas de colas, troncales, extensiones, cuartos de conferencias, parqueo de llamadas, entre otros. El principal uso de la herramienta es la de visualizar posibles problemas, realizar pruebas y habilitar o deshabilitar módulos del sistema. Fue instalada en el servidor de Asterisk y es accesada de forma remota vía web con contraseña de acceso.

Para integrar la presente aplicación con Asterisk se modificó el archivo *panel*, disponible en el directorio */var/www/html/* de nuestro servidor, los campos modificados en el archivo de configuración fueron:

Manager_host: 127.0.0.1 (Dir. IP del servidor de asterisk, como es el mismo equipo se colocó la dirección de loopback)

Manager_user: pasante1 (nombre del usuario de administración)

Manager_secret: pasante1 (contraseña de acceso del administrador)

Even_mask: on (permite al administrador tener todos los privilegios del panel)

Después de configurar el panel de operador, se procedió configurar en Asterisk el usuario de administración y así hacer coincidir la misma configuración en ambas herramientas. Esto se realizó editando en Asterisk el archivo *manager.conf*, disponible en el directorio */etc/asterisk/* por medio de las siguientes modificaciones:

[pasante1] (nombre del usuario de administración)

secret = pasante1 (contraseña de acceso del administrador)

deny=0.0.0.0/0.0.0.0

permit=127.0.0.1/255.255.255.0 (dirección ip del servidor de asterisk)

read = system,call,log,verbose,command,agent,user (permisologias de lectura)

write = system,call,log,verbose,command,agent,user (permisologias de escritura)

En el anexo 7 se muestra la grafica del panel de operación del sistema configurado.

3.7.2.- HUD lite para supervisores del call center

Este programa fue seleccionado para ser la herramienta de uso de los supervisores de los agentes. Es un software de libre distribución, diseñada para integrarse con Asterisk para el monitoreo de los agentes. Consta de dos módulos:

3.7.2.1.- Hud lite admin.

Es un modulo integrado en TrixBox el cual toma la información de los procesos de Asterisk para enviárselos al cliente. Necesitó estar instalado en el mismo servidor donde se encuentra Asterisk.

En él se definieron las extensiones de los supervisores, concordando con los datos de la tabla 4 de usuarios, para así permitir el envío de información del sistema hacia dichas extensiones

3.7.2.2.- Hud lite cliente

Es un programa instalado en las computadoras de los supervisores y configurado para tener acceso al servidor de llamadas. Las configuraciones aplicadas a los clientes fueron:

- a) Número de extensión del supervisor
- b) Contraseña de la extensión del supervisor
- c) Dir IP del servidor de Asterisk
- d) Password del servidor (definida en Hud lite admin)
- e) Puerto de comunicación con Asterisk 6600
- f) Extensión para parqueo de llamadas 9000

Su interfaz está dividida en recuadros que representan cada una de las extensiones a monitorear. Entre los beneficios más notables se tienen:

- a) Estado de los agentes: muestra si el agente está activo, si esta en medio de una llamada, si la llamada es interna o externa.
- b) Puede monitorear las conversaciones de las llamadas en tiempo real a placer del supervisor.

- c) Puede colgar llamadas y generarlas.
- d) Puede comenzar la grabación de una conversación según considere el supervisor para motivos de calidad.

3.7.3.- Reportes de llamadas

En todo sistema de comunicaciones que maneje un gran flujo de llamadas, se debe de considerar como punto importante el registro de las mismas. El poder almacenar la data histórica de forma automática y organizada es una gran herramienta que servirá de realimentación del sistema, que ayudará a obtener el modelo de comportamiento de las llamadas recibidas y tomar medidas preventivas cuando se consideren pertinentes, a fin de mantener la calidad de atención al cliente.

Como objetivo específico del presente proyecto, se buscó implementar un sistema de almacenamiento de data histórica de llamadas, el cual pudiera presentar los datos en forma de gráficas, permitir la manipulación de los mismos y la exportación en archivos que fuesen compatibles para el uso de aplicaciones administrativas externas.

Asterisk integrado con MySQL guarda un registro de todas las interacciones efectuadas a través del sistema, en la base de datos *asteriskcdrdb*. Para hacer uso de la misma se instaló el modulo de Trixbox de informes, llamado **CDR Report**, el cual se integra en la interfaz web y tomando la información de la base de datos de Asterisk presenta todas las interacciones del sistema en tablas con los siguientes campos:

- Duración en segundos de la llamada
- Fecha y hora de la comunicación
- Numero del emisor de la llamada
- Número de destino de la llamada
- Contexto del destino de la llamada

- Resultado de la llamada: respondida, no respondida, ocupada y fallida.
- Canal o troncal utilizado por el llamante
- Canal utilizado para llevar la llamada al destino.

Esta herramienta de reportes permitirá a los administradores del call center generar graficas en intervalos de tiempo específicos.

Call Detail Report (CDR) tiene la posibilidad de aplicar filtros a la data a fin de devolver solo los registros de llamadas que el administrador necesita, reduciendo el universo de búsqueda. Los filtros disponibles son: mes, día, destino, fuente, canal y duración. La figura número 14 muestra la presente herramienta de búsqueda:

Figura 14. Menú de búsqueda de *CDR Report*

Para realizar la exportación de la data, se necesitó primero restablecer el intervalo de la misma, se aplico el filtro mensual a la data, como se explicó en el párrafo anterior del presente proyecto y por medio de la opción “**exportar**” ubicada en el panel de la herramienta se guardó el archivo de extensión *.xls* en el servidor de archivos del dominio de Anew para poder ser utilizado por otros departamentos para integraciones futuras.

3.7.4.- Base de datos

Para la obtención de los reportes de llamadas se necesitó integrar Asterisk con un programa de Base de datos que gestionara el almacenamiento de las interacciones de forma ordenada y automática. En la instalación de Asterisk se agregó el complemento *Addons* detallado al principio del presente capítulo, el cual realiza de forma interna la integración entre Asterisk y MySQL que por motivos de licenciamiento están fuera de alcance del usuario.

Una vez solucionado el problema de almacenamiento de información se procedió a instalar el programa PHPmyadmin que nos permitió tener una administración vía Web de MySQL. Esta integración se realizó con el fin de disponer de las tablas de reportes de llamadas en un sistema de base de datos que permita su manipulación. Este valor agregado permitirá una futura integración con terceros según lo requieran las compañías, dándole la universalidad deseada a la presente solución.

En el anexo 8 se muestra la interfaz de administrador de PHPmyadmin

3.8.- Mantenimiento y prevención

3.8.1.- Respaldo de configuración (Back Up)

Con el fin de prever posibles fallas en el sistema que puedan afectar su funcionamiento y así su nivel de confiabilidad, se agregó una programación regular de respaldo que cubre el backup de los siguientes archivos:

- a) Archivos de configuración de Asterisk

- b) Archivos de configuración de Free-PBX
- c) Registro de llamadas
- d) Panel de operador
- e) Bases de datos de Asterisk en My SQL.

Este respaldo se configuró en el programa TrixBos, en la pestaña de Backup&Restore con los siguientes detalles:

- Realizar el respaldo los días domingo a las 12 am de cada semana.
- Guardar el respaldo con el nombre **asteriskrespaldo**.
- Guardar el archivo en el servidor ftp de la red de Anew.

Mediante este sistema se pueden resolver fallas complejas del servidor, utilizando como solución la reinstalación de los programas y restaurando el equipo con el último backup almacenado en el servidor ftp. Para restaurar el equipo solo se necesita colocar el archivo de respaldo en la carpeta */var/lib/asterisk/backup* y cargarlo desde la aplicación TrixBos.

3.8.3.- Acta de aceptación

El acta de aceptación es un documento que se creó con el fin de constatar mediante pruebas, todos los desarrollos realizados para la tesis expuestos en el presente trabajo. Este documento se realizó con la ayuda del tutor industrial y en él se plasmaron todos los resultados de las pruebas y los análisis pertinentes de cada punto. Estos análisis serán comentarán en el capítulo de recomendaciones del presente documento.

CONCLUSIONES

Una vez finalizada la instrumentación del laboratorio de telefonía IP basada en software libre para centros de contacto de la compañía Anew e-Business Distribution se pueden concluir los siguientes puntos:

- Es de vital importancia en toda implementación de voz sobre IP realizar un previo estudio de tráfico de voz en todos los entornos por donde esta va a viajar, a fin de obtener una solución que se mantenga entre los niveles de calidad de la telefonía tradicional.
- Aunque el aumento de ancho de banda digital proporciona una solución a los problemas de pérdida de paquetes, eco, claridad de la voz, etc; supone una opción muy cara, por lo que no se trata de una solución definitiva y hay que buscar otras mejoras optimizando la red de datos para que aproxime más el servicio a la calidad deseada.
- Para los sistemas de comunicaciones donde la premisa es la atención al público, se debe de realizar un frecuente estudio de demanda. Este estudio debe de arrojar los pronósticos más exactos posibles que permitan realizar los ajustes necesarios a fin de mantener el servicio a un alto nivel sin malgastar recursos.
- Las soluciones de telefonía IP basadas en el paquete Asterisk resultan una muy competitiva solución en el mercado de pequeñas a medianas empresas debido a su alta relación calidad sobre precio.

- Se debe de contar un óptimo sistema de respaldo de energía para evitar que el servicio de *Call Center* se vea afectado en caso de pequeñas fallas de energía.
- Es de gran valor, si se desea mantener una óptima calidad de audio, aplicar *codecs* de compresión de bajo consumo de ancho de banda digital en usuarios remotos. Con esto se busca aprovechar al máximo las capacidades de los servicios prestados por los proveedores de Internet sin aumentar costos en la implementación.
- El software Asterisk resulta una conveniente solución telefónica para pequeñas implementaciones cuando se desee una rápida instalación y un bajo costo, si se cuenta con una red de datos previamente desarrollada.

Al haber trabajado con una gran variedad de paquetes de software libre se puede concluir que:

- Es de vital importancia contar con conocimientos de Linux debido a que la mayoría de los desarrollos actuales de software libre han sido pensados para este sistema operativo por lo que el soporte de los mismos muchas veces conlleva a utilizar este sistema operativo .
- Las empresas que deseen vender soluciones de telefonía basadas en software libre necesitan contar con personal altamente especializado en la materia, inclusive con certificaciones, que cubra la ausencia del soporte del desarrollador del software al momento de una falla del sistema.
- No siempre es óptimo realizar implementaciones basadas en su totalidad en paquetes de software libre gratuito. El software gratuito no necesariamente tiende a ser la mejor elección debido a que existen paquetes licenciados de mayor calidad. Es necesario realizar primero un estudio de requerimientos

para así elegir un desarrollo híbrido que contemple lo mejor de las dos ideologías.

- Se presenta una enorme ventaja en los programas de software libre a la hora de adaptar una solución a unos requerimientos específicos ya que se puede modificar el código fuente sin necesitar el consentimiento del desarrollador.

RECOMENDACIONES

- Sustituir el sistema de conexión del call center a la PSTN, por un tipo de conexión E1 a través de tarjetas Digium. Así con esto mantener la independencia del sistema y evitar posibles fallas provenientes de agentes externos.
- Una vez puesto en marcha el call center, se recomienda el uso de una herramienta especializada en el cálculo de agentes necesarios en función de la data histórica del sistema, con el fin de maximizar la calidad de atención con el menor gasto posible en recursos humanos.
- Para el almacenamiento de las conversaciones monitoreadas se recomienda utilizar un sistema de respaldo de mayor capacidad e independiente del servidor de llamadas, debido a que el alto consumo de memoria que este genera puede afectar en el buen funcionamiento del sistema.
- Desarrollar un sistema de marcación automática para llamadas salientes integrado con Asterisk y MySQL que genere llamadas a clientes provenientes de una base de datos específica con el fin de darle una mayor robustez a la solución.
- Desarrollar un proceso que integre el sistema de llamadas con un servidor de mensajería instantánea que funcione bajo la misma plataforma, para así ofrecer al cliente una mayor cantidad de canales de comunicación.

- Se recomienda utilizar en futuros diseños equipos que soporten calidad de servicio para VoIP, con el fin de darle una mayor prioridad a los paquetes de voz sobre los paquetes de datos y así mantener la calidad de audio de las conversaciones.
- Para asegurar la alta disponibilidad del servicio ofrecido, se recomienda la aplicación de redundancia por medio de dos servidores Asterisk con la misma configuración, conectados mediante SIP o IAX2.

REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS

[1] Huidoro, Jose. Rolán, David. Integración de voz y datos, Primera Edición. España 2003

[2] Marcena, Norma de Excelencia de Centros de Contacto, Primera Edición. Mexico 2001.

[3] Wikipedia (2008). *Unidad Erlang*. [Documento en línea]. Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Unidad_Erlang. [Consulta: 2008, Enero 20]

[4] Martínez, M. (2004). *Teoría de colas*. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.monografias.com/trabajos18/teoria-colas/teoria-colas.shtml> [Consulta: 2008, Febrero 14]

[5] Wikipedia (2008). *Teoría de colas*. [Documento en línea]. Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_de_colas. [Consulta: 2008, Febrero 14]

[6] Wikipedia (2008). *PBX*. [Documento en línea]. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/PBX>. [Consulta: 2008, Febrero 18]

[7] Revista RED (2003). *Voz sobre IP: ¿la ruta hacia la el éxito?* [Documento en línea]. Disponible: <http://www.ciberhabitat.gob.mx/museo/estreno/voz/> [Consulta: 2008, Enero 23]

[8] Ugaz Pineda, C Gutiérrez Borobia, L. (2007). Diseño e implementación de un sistema de videoconferencia basado en la serie de protocolos H.323 para el ejército de

la república bolivariana de Venezuela. Tesis de doctorado no publicada, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

[9] Wikipedia (2008). *H.264/MPEG-4 AVC*. [Documento en línea]. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/AVC>. [Consulta: 2008, Marzo 7]

[10] Wikipedia (2008). *Session Initiation Protocol*. [Documento en línea]. Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Session_Initiation_Protocol. [Consulta: 2008, Marzo 7]

[11] Wikipedia (2008). *IAX2*. [Documento en línea]. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/IAX2>. [Consulta: 2008, Marzo 8]

[12] Gnu.org (2008). *La definición de software libre*. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>. [Consulta: 2008, Marzo 8]

[13] Wikipedia (2008). *Licencia pública general de GNU*. [Documento en línea]. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/IAX2>. [Consulta: 2008, Marzo 8]

[14] Sistemasdigitales (2008). *Diseño de un centro de llamadas*. [Documento en línea]. Disponible: www.sistemasdigitales.com.mx/documentos/DiseñoCallCenter.doc. [Consulta: 2008, Marzo 8]

[15] Madsen, Leif *Asterisk the future of the telephony*. Primera edición USA 2005

[16] EHAS (2008). *Telefonía en redes*. [Documento en línea]. Disponible: www.ahas.org/cgi-bin/viewcvs.cgi/ahasasterisk/doc/ahasasterisk.xml?rev=1.9. [Consulta: 2008, Febrero 15]

- [17] Luis E. Jiménez (2007). *Asterisk: Software PBX*. [Documento en línea]. Disponible: <http://linux-itt.blogspot.com/2007/10/asterisk-software-pbx-1-de-2.html>. [Consulta: 2008, Marzo 10]
- [18] Digium (2008). *About Asterisk*. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.asterisk.org/support/about>. [Consulta: 2008, Marzo 16]
- [19] Wikipedia (2008). *Asterisk*. [Documento en línea]. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Asterisk>. [Consulta: 2008, Marzo 3]

BIBLIOGRAFÍA

- Forouzan, Behrouz A. Transmisión de datos y redes de comunicaciones, segunda edición. España: McGraw-Hill, 2001.
- Escalona, Sendin A. Fundamentos de los sistemas de comunicaciones móviles.
- VoIP-info. <http://www.voip-info.org>
- Trixbox. <http://www.trixbox.org>
- Asterisk. <http://www.asterisk.org>
- Call center open source. <http://opencallcenter.blogspot.com/>
- Asterisco central. <http://www.asteriscocentral.com/acblog.nsf/dx/Trixbox-2.2>
- Grupo Trixbox google. <http://groups.google.es/group/trixbox-es/topics?start=>
- Asterisk Gurú. <http://www.asteriskguru.com/tutorials/>

GLOSARIO

Agente	<i>Recurso humano con conocimientos comerciales que trabaja con la atención al público vía remota, ya sea a través de teléfono, chat, correo...</i>
ATA	<i>Equipo que conecta un teléfono analógico a una red VOIP Por lo general, tiene un conector Ethernet, y un RJ-11 toma de teléfono. A veces se hace referencia a como Gateways de VOIP y prácticamente todos los ATAS utilizar tanto el SIP o IAX protocolo estándar de la industria.</i>
Ancho de Banda	<i>La cantidad de datos o tráfico que pueden ser transmitidos en una determinada cantidad de tiempo. Para sistemas digitales el ancho de banda generalmente es expresado de bits por segundo (bps)</i>
Cliente	<i>Es un programa que se ejecuta en una máquina local y que solicita un servicio de un servidor.</i>
DNS	<i>Abreviatura Domain Name Service. Asocia un nombre con una dirección IP específica. Esto resulta ser muy útil en el Internet ya que facilita la navegación gracias al uso renombres en las direcciones.</i>
FTP:	<i>Abreviatura File Transfer Protocol. Es un servicio confiable orientado a conexión que utiliza TCP para transferir archivos entre sistemas que admiten FTP. El propósito principal de FTP es transferir archivos desde un computador hacia otro copiando y moviendo archivos desde los servidores hacia los clientes</i>
FXO	<i>Es un dispositivo de computador que permite conectar éste a la RTB, y mediante un software especial, realizar y recibir llamadas de teléfono. Sirve sobre todo para implementar centralitas telefónicas (PBX) con un ordenador</i>
FXS	<i>Las tarjetas FXS sirven para conectar teléfonos analógicos normales a un ordenador y, mediante un software especial, realizar y recibir llamadas hacia el exterior o hacia otros interfaces FXS.</i>

IP	<i>Abreviatura Protocolo de Internet. Es el mecanismo de transmisión utilizado por los protocolos TCP/IP, esta basado en datagramas sin conexión y no fiable, ofrece un servicio de mejor entrega posible.</i>
LAN	<i>Abreviatura Local Area Network. Es una red de área local, generalmente opera dentro de un área muy reducida, suele conectar enlaces de una única oficina, edificio o campus. Dependiendo de las necesidades de la organización.</i>
Línea Troncal	<i>En lenguaje técnico de telefonía, una línea troncal es un enlace que interconecta las llamadas externas de una central telefónica concentrando y unificando varias comunicaciones simultáneas en una sola señal para un transporte y transmisión a distancia más eficiente (generalmente digital) y poder establecer comunicaciones con otra central o una red entera de ellas.</i>
Log	<i>Un registro oficial de eventos durante un periodo de tiempo en particular. Para los profesionales en seguridad informática un log es usado para registrar datos o información sobre quién, qué, cuándo, dónde y por qué (who, what, when, where y why, W5) un evento ocurre para un dispositivo en particular o aplicación.</i>
Router	<i>Conectan y permiten la comunicación entre dos redes y determinan la mejor ruta para la transmisión de datos a través de las redes conectadas.</i>
Servidor	<i>Es un programa que se ejecuta en una máquina remota y que ofrece un servicio a los clientes, una vez que es iniciado este permanece en ejecución a no ser que ocurra un problema.</i>
Switch	<i>Es un dispositivo electrónico de interconexión de que opera en la capa 2. Un conmutador interconecta dos o más segmentos de red, permitiendo el tráfico de datos de un segmento a otro, de acuerdo a la dirección MAC de los equipos.</i>
TCP	<i>Abreviatura Transmission Control Protocol. Es un protocolo de Capa 4 orientado a conexión que suministra una transmisión de datos full-duplex confiable. Forma parte del TCP/IP.</i>

UDP	<i>Abreviatura User Datagram Protocol. Es un protocolo de transporte no orientado a conexión de la pila de protocolo TCP/IP. El UDP es un protocolo simple que intercambia datagramas sin acuse de recibo ni garantía de entrega.</i>
VoIP:	<i>Abreviatura Voice over Internet Protocol. Es un protocolo que hace posible que la señal de voz viaje a través de Internet y redes IP.</i>
WAN	<i>Abreviatura Wide Area Network. Conectan redes de usuarios dentro de un área geográfica extensa, permiten que las empresas se comuniquen entre sí a través de grandes distancias a través de la interconexión de LAN's.</i>

ANEXOS

Call Center Calculator (Ansapoint)

The screenshot shows the 'Call Centre Calculator' window with the following sections:

- Targets and assumptions:**
 - Average call duration (s): 180
 - Average wrap up time (s): 20
 - Call answering target: 80 % answered in 20 seconds
 - Trunk blocking target: 0.010
- Hourly calls and results (Enter number into calls column and click mouse out of box):**

Hour	Calls	Avg. delay	Agents	Lines
Hour 1	144	17	11	15
Hour 2	141	14	11	15
Hour 3	125	14	10	14
Hour 4	133	13	10	13
Hour 5	144	17	11	15
Hour 6	152	11	12	15
Hour 7	147	9	12	15
Hour 8	149	10	12	15
- Results summary:**
 - Peak hour: Hour 2
 - Maximum agents required: 14
 - Lines required: 16

Buttons: Calculate, Help

Anexo 1. Resultado del cálculo de número de agentes

Erlang B Calculator

The screenshot shows the 'Erlang B Calculator' window with the following fields and buttons:

- BHT (Erl.):** Unknown (radio button), 8.333
- Blocking:** Unknown (radio button), 0.030
- Lines:** Unknown (radio button), 14

Buttons: Calc., Results, Help

Anexo 2. Resultado del cálculo de líneas troncales

Lines to VoIP Bandwidth Calculator

The screenshot shows a window titled "Lines to VoIP Bandwidth Calculator". It contains the following fields and controls:

- Coding algorithm:** A dropdown menu set to "G.711 (PCM) 64kbps uncompressed".
- Packet duration:** A dropdown menu set to "20 milliseconds (160 samples)".
- Voice paths:** A radio button labeled "Unknown" is selected, with a text input field containing "20".
- IP Bandwidth (kbps):** A radio button labeled "Unknown" is selected, with a text input field containing "1600".
- Buttons:** "Calc.", "Results", and "Help".

Anexo 3. Cálculo de consumo de ancho de banda en función del codec

The screenshot shows the "Properties of Account1" dialog box with the "Account" tab selected. The "User Details" section contains the following fields:

- Display Name:** "agente de ventas" (Annotación: nombre personal del usuario de la extensión)
- User name:** "206" (Annotación: Extensión del usuario declarada en la PBX)
- Password:** "•••" (Annotación: contraseña de la extensión)
- Authorization user name:** "206" (Annotación: User name)
- Domain:** "200.35.79.211" (Annotación: dirección IP de la PBX)

The "Domain Proxy" section contains:

- Register with domain and receive incoming calls
- Send outbound via:** "domain" (Annotación: Forma de registro de la extensión, en este caso directamente contra la PBX)
- proxy Address: []
- target domain

The "Dialing plan" field contains: "#1\a\A.T;match=1;prestrip=2;".

Buttons at the bottom: "Aceptar", "Cancelar", "Aplicar".

Anexo 4. Configuración del softphone X-lite

The screenshot displays the Trixbox CE Admin Mode interface. At the top, the browser address bar shows 'http://' and the page title is 'trixbox - Admin Mode'. The main header includes the Trixbox logo and the tagline 'The Open Platform for Business Telephony'. A navigation menu contains 'System Status', 'Packages', 'Asterisk', 'System', and 'Settings'. The 'System Status' section is active, showing various system metrics:

- Server Status:** Asterisk, web server, cron server, SSH server, Mysql, and HUD Server are all shown as 'Running'.
- Network Usage:** A table showing data for devices 'lo', 'eth0', and 'sit0' with columns for Received, Sent, and Err/Drop.
- Memory Usage:** A table showing Physical Memory usage (88%), Kernel + applications (39%), Buffers (9%), and Cached (40%).
- Mounted Filesystems:** A table showing disk usage for /, /boot, and /dev/shm, including Free, Used, and Size columns.
- Asterisk Status:** System uptime (4 minutes, 8 seconds), Active Channels (SIP: 1, IAX: 0), Current Registrations (SIP: 0, IAX: 0), SIP Peers (Online: 0, Offline: 15, Unmonitored: 15), and IAX2 Peers (Online: 0, Offline: 5, Unmonitored: 0).

At the bottom, the footer indicates 'v2.4.0 ©2007 Fonality All Rights Reserved.' and a language dropdown menu set to 'english'.

Anexo 5. Interfaz de Administrador de Trixbox

New message 5 in mailbox 202 Recibidos | X

 **Buzón de voz Anew** para usuario [mostrar detalles](#) 10-mar  [Responder](#) | 

202,

Este es un nuevo mensaje de voz en el buzón 202:

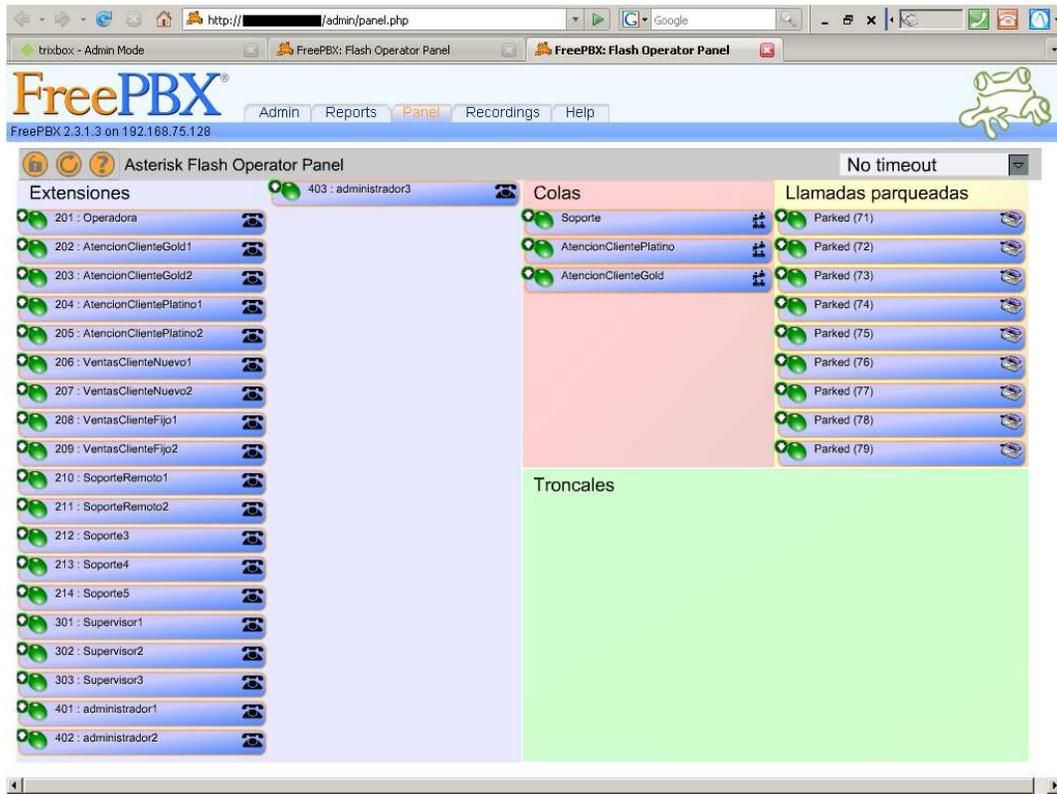
De: "202" <202>
Duración: 0:09 segundos
Fecha: Monday, March 10, 2008 at 10:27:03 AM

Marque *98 desde su extension para acceder a su buzón de voz.
Visite <http://200.35.79.211/user/index.php?vmrecs> para revisar su buzón de voz con un explorador web Pablo Nagy.

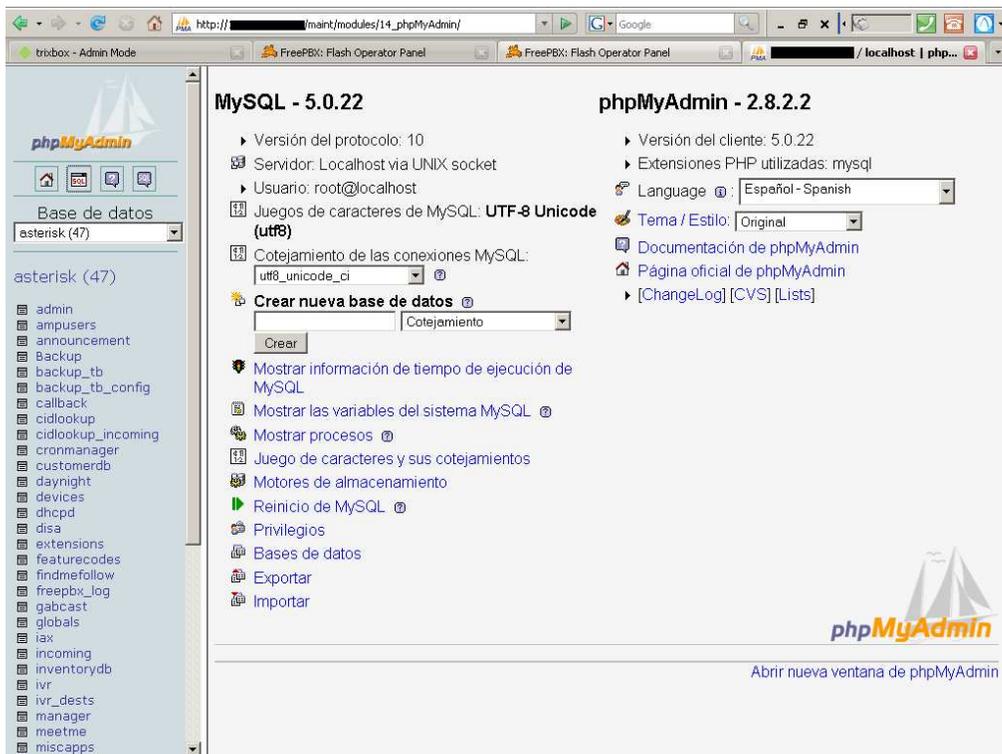
 **msg0005.WAV**
15 K [Descargar](#)

[Responder](#) [Reenviar](#)

Anexo 6. Correo electrónico con buzón de voz adjunto.



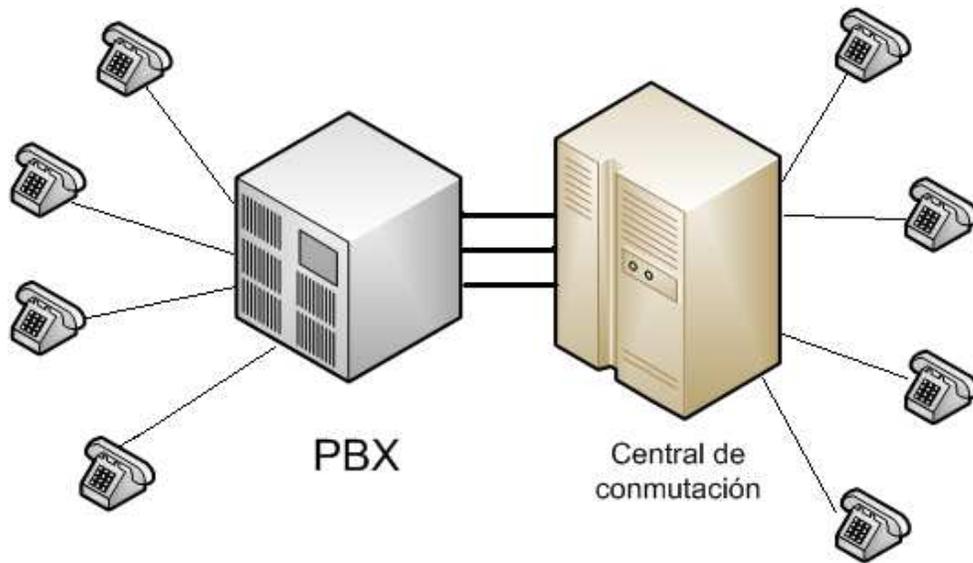
Anexo 7. Panel de operador FOP



Anexo 8. Interfaz de phpMyAdmin para MySQL

Teclas de Marcación	Acción
*30	Añade número a la lista negra
*31	Elimina número de la lista negra
*32	Añade a la lista negra el ultimo número
*52	Activar No disponible
*53	Desactivar No disponible
*72	Desvío de todas las llamadas activado
*73	Desvío de todas las llamadas desactivado
*74	Desviar todas las llamadas internas
*90	Desvío por ocupado activado
*91	Desvío por ocupado desactivado
*92	Desviar todas las llamadas internas por ocupado
*70	Llamada en espera activado
*71	Llamada en espera desactivado
*28	Control de horarios activar
*78	DND Activado
*79	DND Desactivado
*422	Conectar a Gabcast
411	Directorio agenda
*0	Prefijo de marcación rápida
*75	Configurar marcación rápida
*97	Mi buzón de voz
*98	Llamar al buzón de voz

Anexo 9. Códigos de marcación del usuario.



Anexo 10. Segmentación de la red de telefonía pública.